



# HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE LEDO-PANISELIAANLAAG ONDER HET DRONGENGOED TE URSEL (Knesselare)

Tekst

Leerstoel voor Toegepaste Geologie

Rijksuniversiteit Gent

TGO – 81 – 09

1984

Rijksuniversiteit Gent  
Fakulteit van de Wetenschappen  
Leerstoel voor Toegepaste Geologie

**HYDROGEOLOGISCHE STUDIE  
VAN DE LEDO-PANISELIAANLAAG  
ONDER HET DRONGENGOED  
TE URSEL (Knesselare)**

Tekst

**E. Van Dyck, L. Lebbe, K. Walraevens**

Leiding

**PROF. DR. W. DE BREUCK**

Opdrachtgever

**Minister van de Vlaamse Gemeenschap**

VOORWOORD

Het objektief dat de Vlaamse Regering zich heeft gesteld, aan iedereen steeds voldoende drinkwater te leveren van onberispelijke kwaliteit en tegen een zo voordelig mogelijke prijs, is de rechtstreekse aanleiding geweest tot deze studie. Een doelmatig beleid in verband met de ontginning van de grondwatervoorraden vereist immers een grondige kennis van de beschikbare grondwaterlagen.

De Ledo-Paniseliaanzanden onder het Drongengoed te Ursel werden vooropgesteld als één van de mogelijk ontginbare grondwaterreservoirs die, bij een eventuele stijging van de drinkwaterbehoeften, kunnen worden aangewend. Deze studie heeft dan ook tot doel de hydrogeologie van deze grondwaterlaag te bestuderen en te beschrijven, waardoor kan nagegaan worden in welke mate deze laag voor winning vatbaar is.

De studie kwam tot stand op initiatief van de Minister van de Vlaamse Gemeenschap, die wij danken voor het vertrouwen dat hij in ons laboratorium heeft gesteld. Het vlotte verloop van deze studie kunnen we in belangrijke mate toeschrijven aan de leden van de Stuurgroep die ons hebben begeleid, waaronder ir. A. DENTENEER, Leidend Ambtenaar van de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu en ir. P. VANSTEEELANDT, Hoofdingenieur-Direkteur van de Dienst Natuurlijke Rijkdommen en Energie, de respektievelijke voorzitters, ir. K. BUTTIENS, mijnningenieur, en ind. ing. M. ACKAERT, van de Dienst Natuurlijke Rijkdommen en Energie, ir. W. WALRAVENS, Hoofdingenieur-Direkteur van de Tussengemeentelijke Maatschappij der Vlaanderen voor Waterbedeling en tijdens de laatste periode ind. ing. J. STROOBANDTS, ind. ing. M.P. DE VROEDE en lic. J. POESEN van de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu.

Voor het bekomen van informatie en toelatingen werd beroep gedaan op de medewerking van talrijke personen en instellingen waaronder de Belgische Geologische Dienst, de Dienst Natuurlijke Rijkdommen en Energie, het Nationaal

Geografisch Instituut, de Openbare Afvalstoffenmaatschappij, de Administratie van het Kadaster-Directie Gent, Majoor ir. M. ONGENAE van de Regionale Dienst der Werken van de Krijgsmacht - 5e Directie, e.a. Ingenieur E. VOETS van het Bestuur van Waters en Bossen - Houtvesterij Gent, het Bestuur en de Administratieve diensten van de Gemeente Knesselare, dr. ir. F. DE TROCH van het Laboratorium voor Hydraulica-R.U.G., Dr. P. JACOBS van het Laboratorium voor Fysische Aardrijkskunde en Bodemkunde-R.U.G., Dr. E. STEURBAUT van het Laboratorium voor Paleontologie-R.U.G., Dr. L. WALSCHOT, Conservator van het Geologisch Museum-R.U.G en vele private personen.

Al de collega's van de Leerstoel voor Toegepaste Geologie werden regelmatig geraadpleegd in het bijzonder : lic. P. DE WINTER, lic. J. FRANÇOIS, lic. B. RAMAN en lic. Ph. VAN BURM, maar daarnaast ook lic. M. BUYSSE, Dr. J.P. CNUDE, Dr. J. DEVOS, lic. M. MAHAUDEN, lic. K. PEDE en lic. M. VAN CAMP.

De technische en administratieve verwezenlijking is in belangrijke mate te danken aan het personeel van het Geologisch Instituut : ing. E. BEEUWSAERT, ing. J. VANDENHEEDE, de heren R. BOGAERT, A. DE SMIJTER, C. DUYOLS en M. GENBRUGGE stonden in voor de veldwerkzaamheden, de heer J. BEECKMAN voor de laboratoriumanalysen, Mevrouw G. VERMEIREN en Mevrouw L. VAN DRIESSCH voor het tikwerk, de heer F. DE LEEUW voor het tekenwerk en lic. M. BUYSSE, kand. J. VERHEYE, de heren C. DUYOLS en F. VAN ALTERT, het Seminarie voor Regionale Aardrijkskunde en het A.Z.-personeel voor de afwerking.

Wij hopen dat de inspanning van zovelen een nuttige bijdrage heeft geleverd tot het waterbeleid in Vlaanderen.



INHOUD

VOORWOORD .....	I
INHOUD - BIJLAGEN - PLATEN .....	III
1. INLEIDING .....	1
1.1. Uitgangspunt en opdracht .....	1
1.2. Doel en uitwerking .....	1
1.3. Ligging .....	2
2. GEGEVENSVERZAMELING EN GEGEVENSVERWERKING .....	5
2.1. Beschikbare informatie .....	5
2.2. Topografie, morfologie en hydrografie .....	19
2.3. Geologie .....	22
2.3.1. Paleozoïcum .....	25
2.3.2. Mesozoïcum .....	25
2.3.3. Cenozoïcum .....	25
2.3.3.1. Tertiair .....	25
2.3.3.1.1. Landeniaan .....	26
2.3.3.1.2. Ieperiaan .....	26
2.3.3.1.3. Ledo-Paniseliaan .....	27
2.3.3.1.4. Wemmeliaan en Bartoon ....	28
2.3.3.2. Kwartair .....	30
3. AANVULLENDE PROEVEN .....	31
3.1. Boringen .....	31
3.1.1. Doel .....	31
3.1.2. Ligging .....	31
3.1.3. Uitvoering .....	31
3.1.4. Plaatsing van peilbuizen .....	34
3.1.5. Resultaten .....	34
3.2. Geofysische boorgatmetingen .....	38
3.2.1. Doel .....	38
3.2.2. Uitvoering .....	38
3.2.3. Resultaten .....	38
3.3. Waterpassing .....	46
3.3.1. Doel .....	46
3.3.2. Uitvoering .....	46
3.3.3. Resultaten .....	46

3.4. Stijghoogtemetingen .....	49
3.4.1. Doel .....	49
3.4.2. Uitvoering .....	49
3.4.3. Resultaten .....	49
3.5. Pompproef .....	50
3.5.1. Doel .....	50
3.5.2. Uitvoering .....	50
3.5.3. Resultaten .....	53
3.6. Grondwaterbemonstering en -analyse .....	59
3.6.1. Doel .....	59
3.6.2. Uitvoering .....	59
3.6.3. Resultaten .....	62
3.7. Grondmonsteronderzoek .....	62
3.7.1. Doel .....	62
3.7.2. Uitvoering .....	62
3.7.3. Resultaten .....	65
4. HYDROLITOSTRATIGRAFIE .....	68
4.1. Algemeen .....	68
4.2. De watervoerende tot slecht-doorlatende laag van het Kwartair .....	68
4.3. De zeer slecht-doorlatende lagen van het Bartoon	71
4.4. De watervoerende en zeer slecht-doorlatende lagen van het Wemmeliaan en het Ledo-Paniseliaan ....	81
4.5. De watervoerende en zeer slecht-doorlatende lagen van het Ieperiaan .....	94
4.6. Litologische en hydrolitologische profielen ...	94
4.7. Geologische kaart en hydrogeologische zonering.	99
4.8. Geologische en hydrogeologische bouw	104
5. STIJGHOOGTENVERLOOP.....	107
5.1. Tijd-stijghoogtelijnen .....	107
5.2. Hydro-isohypsen .....	108
6. GRONDWATERKWALITEIT .....	110
6.1. Algemeen .....	110
6.2. Resultaten .....	110
6.3. Bespreking van de resultaten per parameter ....	121
6.3.1. Zuurtegraad .....	121
6.3.2. Elektrisch geleidingsvermogen .....	121

6.3.3. Chlorides .....	122
6.3.4. Sulfaten .....	124
6.3.5. Nitraten en nitrieten .....	124
6.3.6. Ammonium .....	125
6.3.7. Alkaliniteit .....	125
6.3.8. Hardheid .....	125
6.3.9. Natrium en kalium .....	126
6.3.10. IJzer .....	126
6.3.11. Mangaan .....	126
6.4. Typering van de onderzochte waters .....	127
6.5. Besluit .....	128
 7. MATEMATISCH MODEL .....	 129
7.1. Algemeen .....	129
7.2. Schematisatie van het grondwaterreservoir ...	129
7.3. Begrenzing van het mathematisch model .....	130
7.4. Randvoorwaarden van het mathematisch model ...	131
7.5. Ingevoerde hydraulische parameters .....	132
7.6. De verschillende simulaties .....	132
7.7. Simulatie van een waterwinningsgebied .....	135
 8. SAMENVATTING EN BESLUITEN .....	 140
 REFERENTIES.....	 144

BIJLAGEN

BIJLAGE 1	: Samenstelling van de Stuurgroep	B-1
BIJLAGE 2	: Ligging aanvullende boringen	B-2
BIJLAGE 3	: Boorstaten aanvullende boringen	B-18
BIJLAGE 4	: Aangewende grondklassifikatie	B-48
BIJLAGE 5	: Aanvullende boorgatmetingen	B-52
BIJLAGE 6	: Legende boorprofielen	B-62
BIJLAGE 7	: Tijd-stijghoogtelijnen	B-65
BIJLAGE 8	: Pompproefgegevens	B-81
BIJLAGE 9	: Grondwateranalysen	B-102
BIJLAGE 10	: Grondmonsteranalysen	B-143
BIJLAGE 11	: Symbolen aangewend bij de bespreking van de fysische, elektrische en geo- hydrologische kenmerken van de lagen	B-200

PLATEN

- PLAAT 1 - Studiegebied
- PLAAT 2 - Beschikbare puntwaarnemingen
- PLAAT 3 - Grondwaterwinningen
- PLAAT 4 - Bodemgebruik
- PLAAT 5 - Topografie
- PLAAT 6 - Hydrografie
- PLAAT 7 - Aanvullende proeven + ligging doorsneden
- PLAAT 8 - Basis van het Kwartair
- PLAAT 9 - Dikte van het Kwartair
- PLAAT 10 - Basis van het Bartoon
- PLAAT 11 - Dikte van het Bartoon
- PLAAT 12 - Dikte van het a2 (Lid van Zomergem)
- PLAAT 13 - Dikte van het s1 (Lid van Onderdale)
- PLAAT 14 - Dikte van het a1 + Asb-a (Lid van Ursel + Lid van Asse)
- PLAAT 15 - Basis van het P1c
- PLAAT 16 - Dikte van het Wemmeliaan + P2+P1d+P1c
- PLAAT 17 - Dikte van het Wemmeliaan (Lid van Wemmel)
- PLAAT 18 - Dikte van het P2 (Lid van Oedelem)
- PLAAT 19 - Dikte van het P1d+P1c (Lid van Vlierzele + Lid van Pittem)
- PLAAT 20 - Litologische doorsnede X-X'
- PLAAT 21 - Litologische doorsnede Y-Y'
- PLAAT 22 - Geologische kaart
- PLAAT 23 - Hydrogeologische zonering
- PLAAT 24 - Stijghoogten in het P1d op 1/2/84
- PLAAT 25 - Stijghoogten in het P1d op 1/8/84
- PLAAT 26 - Ligging van de bemonsterde filterputten
- PLAAT 27 - Relatieve ionenverdeling in het P1d
- PLAAT 28 - Relatieve ionenverdeling in het P2 en We
- PLAAT 29 - Relatieve ionenverdeling in het Yd, We+P2+P1d en K
- PLAAT 30 - Berekende stijghoogten in het P1d bij natuurlijke grondwaterstroming
- PLAAT 31 - Berekende stijghoogten in het P2+We bij natuurlijke grondwaterstroming



## VIII

- PLAAT 32 - Netwerk mathematisch model + Ligging gesimuleerde waterwinning
- PLAAT 33 - Berekende stijghoogten in het P1d bij een waterwinning van ca. 2 miljoen m<sup>3</sup> in het P1d
- PLAAT 34 - Berekende stijghoogten in het P2+We bij een waterwinning van ca. 2 miljoen m<sup>3</sup> in het P1d
- PLAAT 35 - Berekende verlagingen in het P1d bij een waterwinning van ca. 2 miljoen m<sup>3</sup> in het P1d
- PLAAT 36 - Berekende verlagingen in het P2+We bij een waterwinning van ca. 2 miljoen m<sup>3</sup> in het P1d

## 1. INLEIDING

### 1.1. Uitgangspunt en opdracht

Gezien de overheid, met het oog op een doelmatig beleid in verband met de ontginning van de grondwatervoorraden, zo goed mogelijk wenst ingelicht te zijn over de grondwaterlagen, gaf de heer Minister van de Vlaamse Gemeenschap aan de Leerstoel voor Toegepaste Geologie van de Rijksuniversiteit Gent, de opdracht over te gaan tot een "Hydrogeologische studie van de Ledo-Paniseliaanlaag onder het Drongengoed te Ursel (Knesselare)".

Deze overeenkomst werd op 11 december 1981 goedgekeurd en diende binnen de twaalf maanden na ontvangst van de goedkeuring te beginnen, dit is op 17 december 1982. Voor de studie was een periode van achttien maanden voorzien. Om de vier maanden werd er verslag uitgebracht ten opzichte van een Stuurgroep onder leiding van respectievelijk de heer ir. A. DENTENEER en de heer ir. P. VANSTEELANDT. Deze vergaderingen vonden plaats op 10.1.83, 9.5.83, 17.10.83, 13.2.84, 18.6.84 en 24.9.84. Voor het opstellen van het eindverslag waren drie maanden voorzien. De bespreking van de bekomen resultaten vond plaats tijdens de op 24.9.84 bijeengeroepen Stuurgroepvergadering.

### 1.2. Doel en uitwerking

De studie heeft tot doel de hydrogeologie van de grondwaterlaag in het Ledo-Paniseliaan onder het Drongengoed te Ursel (Knesselare) te bestuderen en na te gaan in welke mate deze laag voor een grondwaterwinning vatbaar is.

Om dit doel te bereiken werd de studie in vier fasen gesplitst. In de eerste fase werden alle beschikbare hydrogeologische en aanverwante gegevens met betrekking tot het studiegebied en de Ledo-Paniseliaanlaag in het bijzonder bijeengebracht, beoordeeld en verwerkt. Steunend op deze eerste fase werd de tweede fase gepland en uitgewerkt. Deze bestond uit een aantal terreinproeven en laboratoriumanalysen.

Ondertussen werd ook de gegevensverzameling verder gezet. In de derde fase werden alle gegevens verwerkt en een model van de grondwaterlaag opgesteld. Tenslotte werd in de vierde fase het verslag, vergezeld van kaarten en profielen, afgewerkt.

### 1.3. Ligging

Het studiegebied (fig. 1.1 en plaat 1), gelegen in de Provincie Oost-Vlaanderen, is in het westen begrensd door de Rijksweg nr. 310 Maldegem-Aalter, vanaf Hoeve Papinglo tot het kruispunt met de weg Knesselare-Ursel, in het zuiden door de weg nr. 337 Knesselare-Ursel, vanaf laatstgenoemd kruispunt tot de kruising met de provincieweg Eeklo-Tielt te Ursel, in het oosten door de provincieweg Eeklo-Tielt, vanaf laatstgenoemde kruising tot het hoekpunt met de oostrand van de topografische kaart 13/7 van het Nationaal Geografisch Instituut (N.G.I.), gehucht Hoeke, en in het noorden door een rechte lijn vanaf laatstgenoemd hoekpunt tot de hoeve Papinglo. Het vormt alzo een vierhoek met zijden van respectievelijk ca. 4,2 km, 4,2 km, 3,1 km en 5,1 km.

Het studiegebied valt volledig binnen het kaartblad 13/7-Knesselare, van de topografische kaart van België van het N.G.I. Voor het tekenen van de plannen werd als achtergrond het oostelijk deel van het kaartblad 13/7-8 Knesselare-Zomergem op schaal 1:25.000, van de topografische kaart gebruikt.

De oppervlakte die elke gemeente in dit studiegebied inneemt kan uit plan 1 worden afgeleid :

- 1133 ha behoort tot de fusiegemeente Knesselare, waarvan 849 ha voor de deelgemeente Ursel en 284 ha voor Knesselare zelf
- 510 ha behoort tot de gemeente Maldegem
- 93 ha behoort tot de gemeente Adegem.

Dit brent het totaal op 1736 ha voor het ganse studiegebied.

Er lopen geen belangrijke verbindingswegen door het studiegebied; enkel lokale wegen tussen de verschillende gehuchten. Ongeveer één derde van het gebied wordt ingenomen door

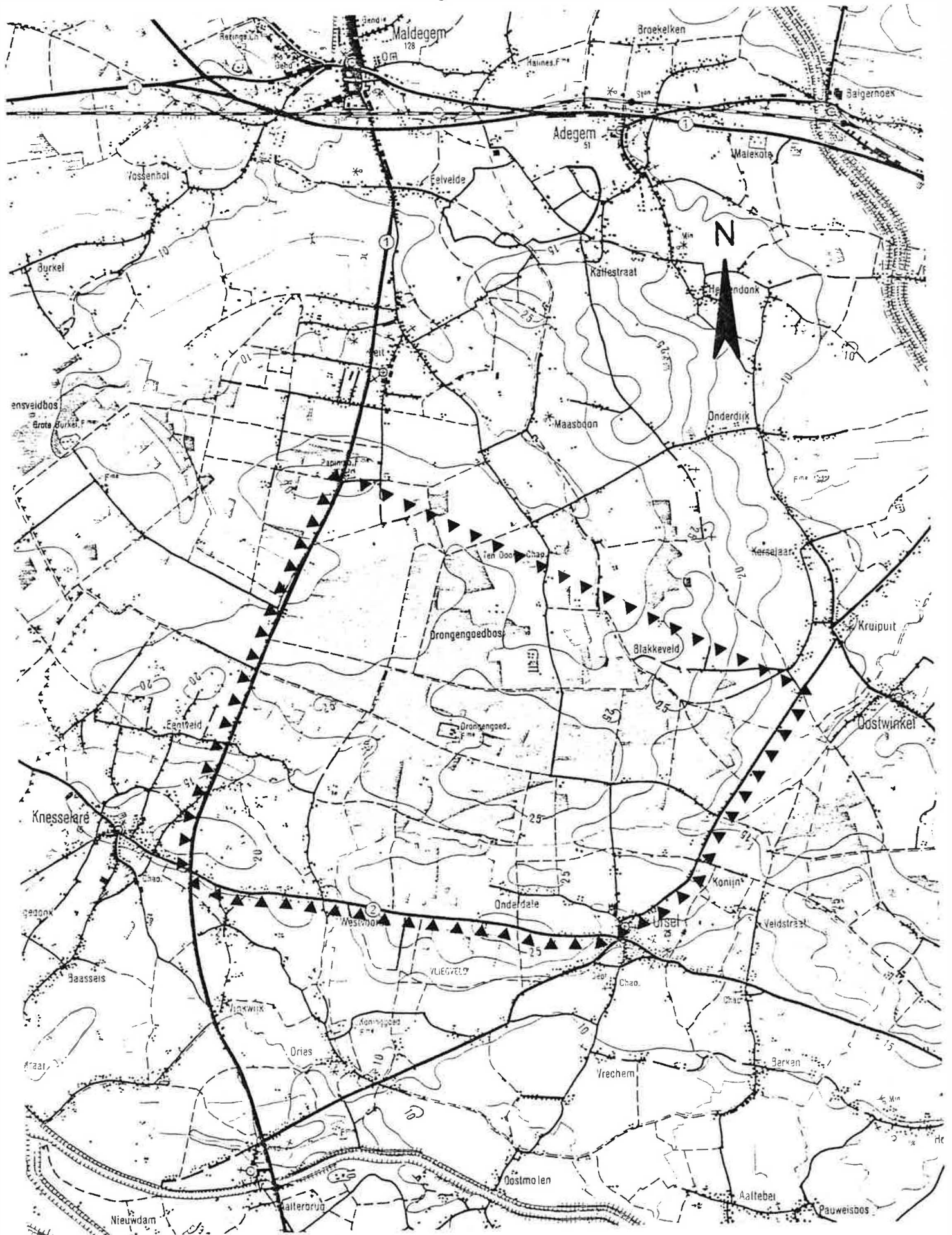


Fig. 1.1 - Ligging studiegebied op schaal 1:50.000

het "Drongengoed"\* , dat als landschap geklasseerd is. Het bevat zowel loof- als naaldhoutbestanden. Een gedeelte van deze bossen is in partikuliere handen alhoewel stilaan het aandeel van de Staat steeds verder toeneemt; dat is het zogenaamde staatsbos "Drongengoed", onder het beheer van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Bestuur van Waters en Bossen. Daarnaast wordt het hoogste, centrale deel van het studiegebied ingenomen door het militair domein "Vliegveld Ursel" dat hoofdzakelijk bestaat uit een 3 km-lange start- en landingsbaan met bijhorende infrastructuur. De overige delen van het studiegebied zijn voornamelijk akkers en weilanden in privaat bezit.

---

\* Het domein "Drongengoed" behoorde sinds 1242 toe aan de Norbertijnerabdij van Drongen. Deze bracht via pachtcontracten het toenmalige heidegebied in ontginning en bouwde er een hofstede ten oosten van de huidige "Drongengoed"-hoeve. Deze laatste dateert van 1746 en werd de laatste jaren gerestaureerd. In 1797 werd de abdij van Drongen opgeheven en werd het ganse domein "Nationaal Goed". Onmiddellijk daarna kwam het in partikulier bezit. Recent evolueert het gebied via aankopen opnieuw naar staatseigendom (naar G. DE SMET (1952) en ANONIEM (s.d.)).



## 2. GEGEENSVERZAMELING EN GEGEENSVERWERKING

### 2.1. Beschikbare informatie

Overeenkomstig de eerste fase van het onderzoek, maar ook in de volgende fasen, diende alle beschikbare informatie van het studiegebied, die kon bijdragen tot het onderzoek, te worden verzameld, beoordeeld en verwerkt.

De belangrijkste gegevens, die voorhanden waren, zijn :

- de Topografische kaart op schaal 1:25.000, blad 13/7-8  
Knesselare-Zomergem
- de Geologische kaart op schaal 1:40.000, blad nr. 39 -  
Knesselaere-Somergem (M.A. RUTOT, 1895)
- de Bodemkaart op schaal 1:20.000, blad nr. 39W -  
Knesselare (Ch. SYS en H. VANDENHOUDT - R. TAVERNIER, 1972)
- het Gewestplan Eeklo-Aalter op schaal 1:25.000, blad 13/7  
Knesselare
- de boorstaten in de archieven van de Belgische Geologische  
Dienst (B.G.D.)
- de grondwaterwinningsgegevens in de archieven van de Dienst  
Natuurlijke Rijkdommen en Energie (DNRE)
- de stortplaatsgegevens in de archieven van de Openbare  
Afvalstoffenmaatschappij (OVAM)
- de hoogtemerktekens van het Nationaal Geografisch Instituut  
(NGI)
- de neerslag- en potentiële evapotranspiratiegegevens van  
het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI)
- de debietgegevens van het Laboratorium voor Hydraulica van  
de Rijksuniversiteit Gent
- de geologische en hydrogeologische gegevens in de archieven  
van het Geologisch Instituut van de Rijksuniversiteit Gent
- de literatuur over deze streek en de geologische bouw ervan
- mondelinge informatie van partikulieren tijdens de veld-  
verkenningen.

Al deze informatie werd beoordeeld en verwerkt in de volgende hoofdstukken. Een gedeelte van deze informatie, die voor de studie belangrijk kan zijn werd op een aantal platen en tabellen voorgesteld. Hierbij werden ook gegevens van buiten het studiegebied opgenomen, nl. al de gegevens die op het kaartblad 13/7, ten noorden van het kanaal Gent-Brugge, voorkomen.

Op plaat 2 is de ligging van de beschikbare boringen en ontsluitingen uit de archieven van de Belgische Geologische Dienst en het Geologisch Instituut - R.U.G. voorgesteld, de geo-elektrische sonderingen, grondwateranalyses, grondanalyses en peilbuizen van het Geologisch Instituut en de hoogtemerktekens van het N.G.I. In tabel 2.1 is een overzicht van deze puntwaarnemingen gegeven. Op plaat 3 zijn de winningen uit de archieven van de Dienst Natuurlijke Rijkdommen en Energie voorgesteld. In tabel 2.2 is een overzicht gegeven. Op plaat 4, Bodemgebruik, gesteund op het gewestplan, zijn de bij de Openbare Afvalstoffenmaatschappij gekende stortplaatsen aangeduid. In tabel 2.3 is een overzicht van deze stortplaatsen gegeven. In figuur 2.1 a en b zijn de debietwaarnemingen van het Laboratorium voor Hydraulica van de R.U.G. op de waterloop de Ede te Maldegem, bij de kruising met de baan Gent-Knokke gegeven. De neerslag- en potentiële evapotranspiratiegegevens van het K.M.I. van de laatste 15 jaar (1969-1983), zijn opgenomen in tabel 2.4. De neerslaggegevens (R) zijn afkomstig van het station Maldegem (Nr.CS 25) en de potentiële evapotranspiratiegegevens (PET) van het station Melle (Nr. 8). De PET-gegevens zijn een verwerking van de drie maandelijkse waarden bekomen van het K.M.I. voor respectievelijk gazon, loofwoud en naaldwoud in de verhouding waarin ze in het studiegebied voorkomen, d.i. 70 % gazon (weiland, akkerland, enz.), 12 % loofwoud en 18 % naaldwoud.

Uit de maandelijks neerslag en potentiële evapotranspiratie werd voor elke maand de waterbalans van de bodem opgesteld : de berging van het water in de bodem, de werkelijke evapotranspiratie en hetzij het tekort aan water, hetzij het overschot aan water, dat naar de freatische grondwatertafel infiltreert, werden berekend volgens de methode van C.W. THORNTWAITE & J.P. MATHER (1957), met behulp van een tafelrekenmachine TEKTRONIX 4051. De resultaten zijn eveneens in tabel 2.4. opgenomen. Voor de capaciteit (CAP) van de bodem, dit is de maximale berging of het voorhanden zijnde water in de bodem voor het evapotranspiratieproces, werd de waarde 100 mm gekozen, naar analogie met vorige studies (W. DE BREUCK, E. VAN DYCK & L. LEBBE, 1981).

Uit de totale hoeveelheid overschot van water en neerslag per jaar kan men de voedingscoëfficiënt  $\frac{SUR}{R}$  per jaar berekenen. De gemiddelde voedingscoëfficiënt voor de 15 jaren bedraagt 0,325. Uit deze tabel blijkt dat lage voedingscoëfficiënten niet a priori wijzen op een neerslag-arm jaar (cfr. 1983). De seizoenverdeling van de neerslag is van primair belang, alsook de opeenvolging en de duur van uiterst natte en droge perioden.

Op hydrogeologisch gebied echter was de beschikbare informatie vrij beperkt. Op grond van geologische en isohypsenkaartjes opgesteld met al deze gegevens, kon evenwel de planning en uitvoering van de in het bestek voorziene proeven gebeuren. Bovendien stelden deze gegevens ons in staat een beeld van de topografie, morfologie, hydrografie en geologische bouw van het studiegebied te vormen.

Tabel 2.1 - Overzicht beschikbare puntwaarnemingen  
(op kaartblad 13/7, ten noorden van het kanaal Gent-Brugge)

BORINGEN EN ONTSLUITINGEN								
Bron	Aantal	Soort			Diepte boringen (in m)			
		<u>Gespoeld</u>	<u>Niet gespoeld</u>	<u>Ontsluiting</u>	<u>&lt;5</u>	<u>5-25</u>	<u>25-40</u>	<u>&gt;40</u>
Belgische Geo- logische Dienst	140	5	108	27	94	13	3	3
Geologisch Instituut	36	(1)	35	-	-	8+(27)	1	-
PEILBUIZEN								
Bron	Aantal	Diepte filters (in m)						
		<u>5-25</u>	<u>25-40</u>					
Geologisch Instituut	12	8+(3)	1					
GRONDWATERANALYSEN								
Bron	Aantal	Diepte filters (in m)						
		<u>5-25</u>						
Geologisch Instituut	6	3+(3)						
GEO-ELEKTRISCHE SONDERINGEN								
Bron	Aantal	Bereikte diepte						
Geologisch Instituut	12	78 m						

Tabel 2.1 - vervolg

<u>LABORATORIUMONDERZOEK GRONDMONSTERS</u>		
Bron	Aantal plaatsen	Aantal monsters
Geologisch Instituut	3	65
<u>HOOGTEMERKTEKENS</u>		
Bron	Aantal	
Nationaal Geografisch Instituut	30	

( ) = vermoedelijk



Tabel 2.2 - Overzicht winningen (Dienst Natuurlijke  
Rijkdommen en Energie)

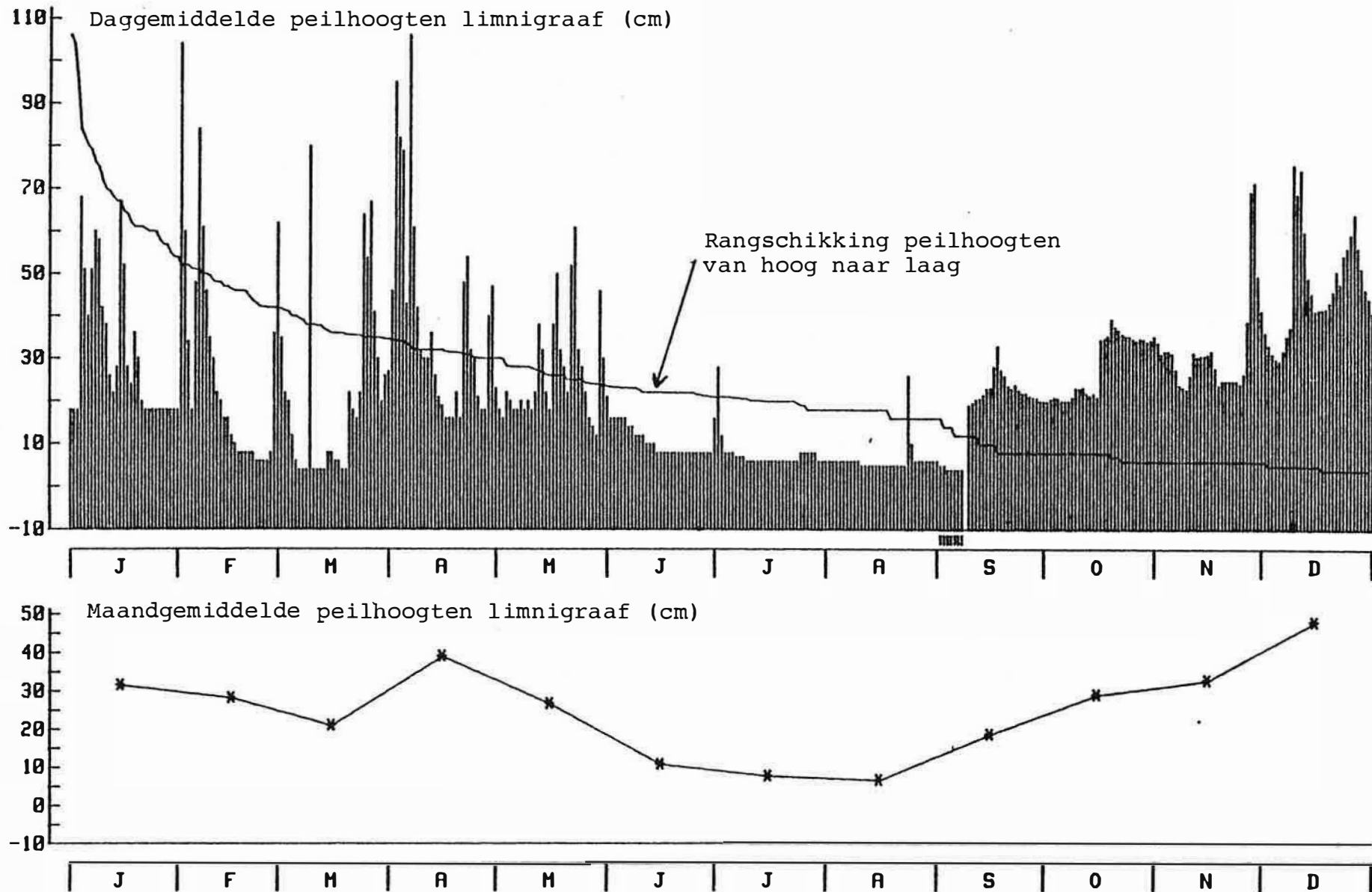
Nummer (kbl.13.7)	Diepte put	Vergund debiet		Verbruik 1982 m <sup>3</sup>
		m <sup>3</sup> /dag	m <sup>3</sup> /jaar	
6	62 m	30	(10950)	3300
7	25 m	5	1800	?
8	20 m	3	690	650
9	36 m (+ groeve)	30	(10950)	300

? = niet opgegeven

( ) = niet gespecifiëerd

Tabel 2.3 - Stortplaatsen (Openbare Afvalstoffenmaatschappij)

Nummer	Oppervlakte	Diepte	Aard	Storter	Aanvang	Sluiting	Afdekking	Huidige bestemming
1	300 m <sup>2</sup>	2 m	huisvuil	gemeente	?	1955	aarde	landbouwgrond
2	1000 m <sup>2</sup>	ca.1 m	huisvuil	gemeente	1955	1966	aarde + beplanting	aardeweg - wandelpad
3	250 m <sup>2</sup>	ca.1 m	huisvuil	gemeente	1955	1966	aarde	aardeweg ,
4	900 m <sup>2</sup>	ca.4 m	huisvuil groot huisvuil	gemeente	?	1980	zand + aarde	wordt nog opge- voerd
5	1200 m <sup>2</sup>	4 m	huisvuil	gemeente	1950	1960	aarde	voorgrond woning
6	1500 m <sup>2</sup>	?	gewoon huisvuil en grof huisvuil	gemeente	1960	1970	teelaarde	weide
7	450 m <sup>2</sup>	?	huisvuil	gemeente	?	ca.1955	zand + aarde	bosbeplanting
8	750 m <sup>2</sup>	2 à 3 m	huisvuil	verschillende gemeenten	1970	1973	aarde	weide
9	30.000 m <sup>2</sup>	ca. 6,5 m	verbran- dingsas, schroot niet- brandbaar huisvuil	Interkomm. Verenig.voor Huisvuilver- werking Meetjesland	vergun- ning 21.4.1982	-	-	-



N.B. Dit station is op 9/9/83 verplaatst. De ijkingskurve dient als voorlopig te worden beschouwd.

Fig. 2.1a - Debieten op de Ede. 1983 (naar F. DE TROCH)

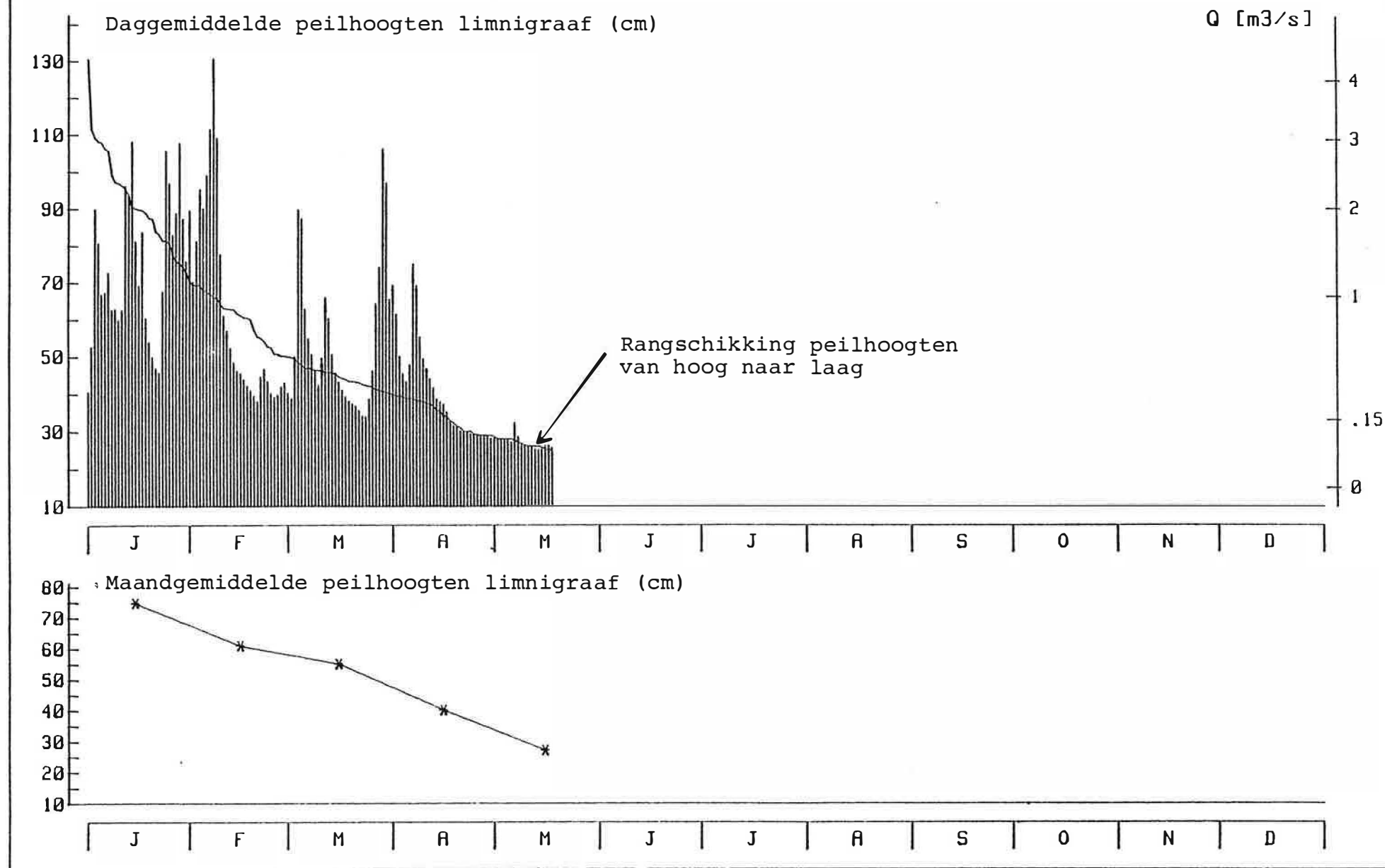


Fig. 2.1b - Debieten op de Ede. 1984 (naar F. DE TROCH)

Tabel 2.4 - Waterbalans van de onverzadigde zone periode 1969-1983  
volgens THORNTHWAITE en MATHER

JR	jaar
M	maand
R(mm)	neerslag in mm; afkomstig van het station Maldegem
PET (mm)	potentiële evapotranspiratie in mm; afkomstig van het station Melle
RMP (mm)	neerslag-potentiële evapotranspiratie in mm
ST (mm)	berging van water in de bodem in mm
DST (mm)	verandering van de berging in mm
AET (mm)	werkelijke evapotranspiratie in mm
DEF (mm)	tekort aan water in mm
SUR (mm)	overschot aan water in mm

JR	M	R (mm)	PET (mm)	RMP (mm)	ST (mm)	DST (mm)	AET (mm)	DEF (mm)	SUR (mm)
1969	1	31.8	16.1	15.7	100.0	0.0	16.1	0.0	15.7
1969	2	59.5	11.3	48.2	100.0	0.0	11.3	0.0	48.2
1969	3	42.8	27.3	15.5	100.0	0.0	27.3	0.0	15.5
1969	4	67.8	60.8	7.0	100.0	0.0	60.8	0.0	7.0
1969	5	74.4	91.1	-16.7	84.6	-15.4	89.8	1.3	0.0
1969	6	92.2	93.8	-1.6	83.3	-1.3	93.5	0.2	0.0
1969	7	88.8	81.9	6.9	90.3	6.9	81.9	0.0	0.0
1969	8	133.3	70.4	62.9	100.0	9.7	70.4	0.0	53.1
1969	9	5.9	56.3	-50.4	60.4	-39.6	45.5	10.8	0.0
1969	10	7.8	29.1	-21.3	48.8	-11.6	19.4	9.7	0.0
1969	11	89.7	16.5	73.2	100.0	51.2	16.5	0.0	22.0
1969	12	60.2	3.3	56.9	100.0	0.0	3.3	0.0	56.9
1970	1	49.9	7.4	42.5	100.0	0.0	7.4	0.0	42.5
1970	2	71.7	17.0	54.7	100.0	0.0	17.0	0.0	54.7
1970	3	65.1	24.4	40.7	100.0	0.0	24.4	0.0	40.7
1970	4	63.7	43.1	20.6	100.0	0.0	43.1	0.0	20.6
1970	5	17.9	87.0	-69.1	50.1	-49.9	67.0	19.2	0.0
1970	6	55.5	105.6	-50.1	30.3	-19.8	75.3	30.4	0.0
1970	7	69.0	80.4	-11.4	27.1	-3.3	72.3	8.2	0.0
1970	8	37.1	72.0	-34.9	19.1	-8.0	45.1	26.9	0.0
1970	9	101.8	61.5	40.3	59.4	40.3	61.5	0.0	0.0
1970	10	98.3	28.2	70.1	100.0	40.6	28.2	0.0	29.5
1970	11	50.3	20.4	29.9	100.0	0.0	20.4	0.0	29.9
1970	12	50.1	10.1	40.0	100.0	0.0	10.1	0.0	40.0
1971	1	66.2	11.1	55.1	100.0	0.0	11.1	0.0	55.1
1971	2	29.2	16.0	13.2	100.0	0.0	16.0	0.0	13.2
1971	3	27.8	22.1	5.7	100.0	0.0	22.1	0.0	5.7
1971	4	31.9	48.4	-16.5	84.8	-15.2	47.1	1.3	0.0
1971	5	64.9	89.3	-24.4	66.5	-18.3	83.2	6.0	0.0
1971	6	137.4	73.4	64.0	100.0	33.5	73.4	0.0	30.5
1971	7	17.8	98.1	-80.3	44.8	-55.2	73.0	25.1	0.0
1971	8	38.5	74.8	-36.3	31.1	-13.6	52.1	22.7	0.0
1971	9	38.4	56.9	-18.5	25.9	-5.2	43.6	13.2	0.0
1971	10	14.7	33.7	-19.0	21.4	-4.5	19.2	14.5	0.0
1971	11	109.6	11.1	98.5	100.0	78.6	11.1	0.0	19.9
1971	12	8.3	12.1	-3.8	96.3	-3.7	12.0	0.1	0.0



JR	M	R (mm)	PET (mm)	RMP (mm)	ST (mm)	DST (mm)	AET (mm)	DEF (mm)	SUR (mm)
1972	1	43.5	6.8	36.7	100.0	3.7	6.8	0.0	33.1
1972	2	33.0	13.1	19.9	100.0	0.0	13.1	0.0	19.9
1972	3	40.7	34.0	6.7	100.0	0.0	34.0	0.0	6.7
1972	4	69.4	48.1	21.3	100.0	0.0	48.1	0.0	21.3
1972	5	81.5	71.4	10.1	100.0	0.0	71.4	0.0	10.1
1972	6	86.7	76.2	10.5	100.0	0.0	76.2	0.0	10.5
1972	7	52.0	77.2	-25.2	77.7	-22.3	74.3	2.9	0.0
1972	8	47.1	66.1	-19.0	64.3	-13.4	60.5	5.5	0.0
1972	9	69.1	43.4	25.7	89.9	25.7	43.4	0.0	0.0
1972	10	40.2	27.0	13.2	100.0	10.1	27.0	0.0	3.1
1972	11	71.6	10.9	60.7	100.0	0.0	10.9	0.0	60.7
1972	12	24.4	13.3	11.1	100.0	0.0	13.3	0.0	11.1
1973	1	31.7	8.5	23.2	100.0	0.0	8.5	0.0	23.2
1973	2	35.5	17.3	18.2	100.0	0.0	17.3	0.0	18.2
1973	3	11.3	31.7	-20.4	81.6	-18.4	29.7	1.9	0.0
1973	4	61.9	43.4	18.5	100.0	18.4	43.4	0.0	0.0
1973	5	67.4	76.7	-9.3	91.1	-8.9	76.3	0.4	0.0
1973	6	15.1	95.8	-80.7	40.7	-50.4	65.5	30.2	0.0
1973	7	102.3	82.8	19.5	60.2	19.5	82.8	0.0	0.0
1973	8	13.5	83.7	-70.2	24.5	-35.7	49.2	34.5	0.0
1973	9	98.7	56.4	42.3	66.8	42.3	56.4	0.0	0.0
1973	10	73.9	27.0	46.9	100.0	33.2	27.0	0.0	13.7
1973	11	48.3	12.7	35.6	100.0	0.0	12.7	0.0	35.6
1973	12	57.8	8.9	48.9	100.0	0.0	8.9	0.0	48.9
1974	1	56.4	19.3	37.2	100.0	0.0	19.3	0.0	37.2
1974	2	71.8	22.0	49.8	100.0	0.0	22.0	0.0	49.8
1974	3	47.5	24.9	22.6	100.0	0.0	24.9	0.0	22.6
1974	4	12.7	63.2	-50.5	60.3	-39.7	52.4	10.9	0.0
1974	5	26.5	85.2	-58.7	33.5	-26.8	53.3	31.9	0.0
1974	6	52.3	92.0	-39.7	22.5	-11.0	63.3	28.7	0.0
1974	7	102.4	89.4	13.0	35.6	13.0	89.4	0.0	0.0
1974	8	49.0	85.1	-36.1	17.9	-17.7	66.7	18.4	0.0
1974	9	189.0	54.1	134.9	100.0	82.1	54.1	0.0	52.8
1974	10	236.5	20.4	216.1	100.0	0.0	20.4	0.0	216.1
1974	11	136.5	15.9	120.6	100.0	0.0	15.9	0.0	120.6
1974	12	75.1	22.3	52.8	100.0	0.0	22.3	0.0	52.8
1975	1	99.8	21.4	78.4	100.0	0.0	21.4	0.0	78.4
1975	2	20.7	21.8	-1.1	98.9	-1.1	21.8	0.0	0.0
1975	3	117.1	24.8	92.3	100.0	1.1	24.8	0.0	91.3
1975	4	66.2	51.0	15.2	100.0	0.0	51.0	0.0	15.2
1975	5	36.8	87.2	-50.4	60.4	-39.6	76.4	10.8	0.0
1975	6	59.1	99.3	-40.2	40.4	-20.0	79.1	20.2	0.0
1975	7	48.2	106.4	-58.2	22.6	-17.8	66.0	40.4	0.0
1975	8	72.1	92.5	-20.5	18.4	-4.2	76.3	16.3	0.0
1975	9	91.6	61.6	30.0	48.4	30.0	61.6	0.0	0.0
1975	10	25.5	27.5	-2.0	24.4	-24.0	49.5	-22.1	0.0
1975	11	148.5	8.0	140.5	100.0	75.6	8.0	0.0	64.8
1975	12	32.2	9.1	23.1	100.0	0.0	9.1	0.0	23.1

JR	N	R (mm)	FET (mm)	RMP (mm)	ST (mm)	DST (mm)	AET (mm)	DEF (mm)	SUR (mm)
1976	1	44.1	21.0	23.1	100.0	0.0	21.0	0.0	23.1
1976	2	25.6	17.4	8.2	100.0	0.0	17.4	0.0	8.2
1976	3	33.1	31.4	1.7	100.0	0.0	31.4	0.0	1.7
1976	4	4.6	58.5	-53.9	58.3	-41.7	46.3	12.2	0.0
1976	5	29.0	105.2	-76.2	27.2	-31.1	60.1	45.1	0.0
1976	6	16.2	122.5	-106.3	9.4	-17.8	34.0	88.5	0.0
1976	7	47.3	114.6	-67.3	4.8	-4.6	51.9	62.7	0.0
1976	8	13.3	102.9	-89.6	2.0	-2.8	16.1	86.7	0.0
1976	9	108.8	54.5	54.3	56.2	54.3	54.5	0.0	0.0
1976	10	49.6	32.3	17.3	73.6	17.3	32.3	0.0	0.0
1976	11	91.6	9.6	82.0	100.0	26.4	9.6	0.0	55.6
1976	12	60.2	5.6	54.6	100.0	0.0	5.6	0.0	54.6
1977	1	65.2	10.1	55.1	100.0	0.0	10.1	0.0	55.1
1977	2	76.1	21.4	54.7	100.0	0.0	21.4	0.0	54.7
1977	3	61.2	39.5	21.7	100.0	0.0	39.5	0.0	21.7
1977	4	61.1	51.4	9.7	100.0	0.0	51.4	0.0	9.7
1977	5	59.8	91.7	-31.9	72.7	-27.3	87.1	4.6	0.0
1977	6	55.4	69.8	-14.4	62.9	-9.7	65.1	4.7	0.0
1977	7	48.5	89.0	-40.5	42.0	-20.9	69.4	19.5	0.0
1977	8	56.2	69.5	-13.3	96.8	-5.2	61.4	8.1	0.0
1977	9	49.6	59.8	-10.2	33.2	-3.6	53.2	6.6	0.0
1977	10	35.2	32.9	2.3	35.5	2.3	32.9	0.0	0.0
1977	11	174.0	17.0	157.0	100.0	64.5	17.0	0.0	92.4
1977	12	64.3	13.9	50.4	100.0	0.0	13.9	0.0	50.4
1978	1	61.1	13.5	47.6	100.0	0.0	13.5	0.0	47.6
1978	2	34.6	11.5	23.1	100.0	0.0	11.5	0.0	23.1
1978	3	55.0	35.5	19.5	100.0	0.0	35.5	0.0	19.5
1978	4	32.1	54.8	-22.7	79.7	-20.3	52.4	2.4	0.0
1978	5	83.2	77.0	6.2	85.9	6.2	77.0	0.0	0.0
1978	6	102.3	88.3	14.0	99.9	14.0	88.3	0.0	0.0
1978	7	73.6	78.7	-5.1	92.7	-7.2	80.8	-2.1	0.0
1978	8	54.2	77.0	-22.8	73.8	-18.9	73.1	3.9	0.0
1978	9	71.0	52.4	18.6	92.4	18.6	52.4	0.0	0.0
1978	10	19.8	29.2	-9.4	80.9	-11.5	31.3	-2.1	0.0
1978	11	45.2	15.3	29.9	100.0	19.1	15.3	0.0	10.8
1978	12	129.5	9.8	119.7	100.0	0.0	9.8	0.0	119.7
1979	1	61.2	5.2	56.0	100.0	0.0	5.2	0.0	56.0
1979	2	42.6	10.8	31.8	100.0	0.0	10.8	0.0	31.8
1979	3	102.4	28.8	73.6	100.0	0.0	28.8	0.0	73.6
1979	4	45.1	57.3	-12.2	88.5	-11.5	56.6	0.7	0.0
1979	5	115.5	88.5	27.0	100.0	11.5	88.5	0.0	15.5
1979	6	72.9	82.0	-9.1	91.3	-8.7	81.6	0.4	0.0
1979	7	32.8	89.6	-56.8	51.7	-39.5	72.3	17.2	0.0
1979	8	87.7	77.8	9.9	61.6	9.9	77.8	0.0	0.0
1979	9	20.8	62.6	-41.8	37.6	-24.0	44.8	17.8	0.0
1979	10	51.2	32.4	18.8	56.4	18.8	32.4	0.0	0.0
1979	11	128.9	14.2	114.7	100.0	43.6	14.2	0.0	71.1
1979	12	146.9	15.7	131.2	100.0	0.0	15.7	0.0	131.2

JR	M	R (mm)	PET (mm)	RMP (mm)	ST (mm)	DST (mm)	AET (mm)	DEF (mm)	SUR (mm)
1980	1	46.4	3.9	42.5	100.0	0.0	3.9	0.0	42.5
1980	2	51.9	23.2	28.7	100.0	0.0	23.2	0.0	28.7
1980	3	68.1	26.7	41.4	100.0	0.0	26.7	0.0	41.4
1980	4	31.1	52.3	-21.2	80.9	-19.1	50.2	2.1	0.0
1980	5	15.0	94.3	-79.3	36.6	-44.3	59.3	35.0	0.0
1980	6	73.6	84.4	-10.8	32.9	-3.7	77.3	7.0	0.0
1980	7	159.6	71.0	88.6	100.0	67.1	71.0	0.0	21.5
1980	8	43.0	76.8	-33.8	71.3	-28.7	71.7	5.1	0.0
1980	9	10.4	64.5	-54.1	41.5	-29.3	40.2	24.3	0.0
1980	10	75.1	33.2	41.9	83.4	41.9	33.2	0.0	0.0
1980	11	54.0	11.2	42.8	100.0	16.6	11.2	0.0	26.2
1980	12	91.3	8.3	83.0	100.0	0.0	8.3	0.0	83.0
1981	1	85.9	11.2	74.7	100.0	0.0	11.2	0.0	74.7
1981	2	28.0	14.0	14.0	100.0	0.0	14.0	0.0	14.0
1981	3	97.7	35.3	62.4	100.0	0.0	35.3	0.0	62.4
1981	4	35.5	52.2	-16.7	84.6	-15.4	50.9	1.3	0.0
1981	5	72.1	90.4	-18.3	70.5	-14.1	86.2	4.1	0.0
1981	6	81.6	85.8	-4.2	67.6	-2.9	84.5	1.3	0.0
1981	7	33.4	80.3	-46.9	42.3	-25.3	58.7	21.6	0.0
1981	8	23.8	73.8	-50.0	25.7	-16.6	40.4	33.4	0.0
1981	9	67.6	63.2	4.4	30.0	4.4	63.2	0.0	0.0
1981	10	186.6	25.9	160.7	100.0	70.0	25.9	0.0	90.8
1981	11	61.9	11.9	50.0	100.0	0.0	11.9	0.0	50.0
1981	12	116.5	6.1	110.4	100.0	0.0	6.1	0.0	110.4
1982	1	57.8	9.5	48.3	100.0	0.0	9.5	0.0	48.3
1982	2	16.5	18.7	-2.2	97.9	-2.1	18.6	0.0	0.0
1982	3	58.2	31.2	27.0	100.0	2.1	31.2	0.0	24.9
1982	4	19.4	57.8	-38.4	68.1	-31.9	51.3	6.5	0.0
1982	5	44.9	94.2	-49.3	41.6	-26.5	71.4	22.8	0.0
1982	6	89.6	103.8	-14.2	36.1	-5.5	95.1	8.7	0.0
1982	7	12.5	110.4	-97.9	13.6	-22.5	35.0	75.4	0.0
1982	8	52.2	93.5	-41.3	9.0	-4.6	56.8	36.7	0.0
1982	9	41.7	68.6	-26.9	6.9	-2.1	43.8	24.8	0.0
1982	10	140.4	28.3	112.1	100.0	93.1	28.3	0.0	19.0
1982	11	50.4	18.3	32.1	100.0	0.0	18.3	0.0	32.1
1982	12	85.0	12.7	72.3	100.0	0.0	12.7	0.0	72.3
1983	1	77.1	18.7	58.4	100.0	0.0	18.7	0.0	58.4
1983	2	40.9	7.7	33.2	100.0	0.0	7.7	0.0	33.2
1983	3	55.5	31.8	23.7	100.0	0.0	31.8	0.0	23.7
1983	4	86.7	60.7	26.0	100.0	0.0	60.7	0.0	26.0
1983	5	83.6	75.9	7.7	100.0	0.0	75.9	0.0	7.7
1983	6	44.3	110.2	-65.9	51.7	-48.3	92.6	17.7	0.0
1983	7	33.1	123.9	-90.8	20.9	-30.9	64.0	59.9	0.0
1983	8	80.2	87.5	-7.3	19.4	-1.5	81.7	5.8	0.0
1983	9	87.0	58.6	28.4	47.8	28.4	58.6	0.0	0.0
1983	10	49.2	40.4	8.8	56.6	8.8	40.4	0.0	0.0
1983	11	56.2	12.0	44.2	100.0	43.4	12.0	0.0	0.8
1983	12	54.9	13.5	41.4	100.0	0.0	13.5	0.0	41.4

Tabel 2.5 - Voedingscoëfficiënten van de periode 1969-1983

Jaar	$R_{\text{jaar}}$ (mm)	$Sur_{\text{jaar}}$ (mm)	$Sur_{\text{jaar}}/R_{\text{jaar}}$
1969	754,2	218,4	0,290
1970	730,4	257,9	0,353
1971	584,7	124,4	0,213
1972	659,2	176,5	0,268
1973	617,4	139,6	0,226
1974	1055,7	551,9	0,523
1975	817,8	272,8	0,334
1976	523,4	143,2	0,274
1977	806,6	284,0	0,352
1978	761,6	220,7	0,290
1979	908,0	379,2	0,418
1980	719,5	243,3	0,338
1981	890,6	402,3	0,452
1982	668,6	196,6	0,294
1983	748,7	191,2	0,255
	$\bar{x} = 749,8$	$\bar{x} = 253,5$	$\bar{x} = 0,325$

## 2.2. Topografie, morfologie en hydrografie

Het studiegebied ligt in een vlak tot golvend gebied, het zogenaamde heuvelgebied Oedelem-Zomergem, dat omringd is door lage vlakke landschappen : de Vlaamse Vallei in het noorden en het oosten, de kanaaldepressie van Gent naar Brugge in het zuiden en de Waardamme-Zwin-Vallei in het westen. Het heuvelkompleks kan herleid worden tot enkele WNW-ESE-aaneensluitende heuvelelementen, die in twee parallelle banden kunnen gerangschikt worden en die onderling verbonden zijn volgens een SSW-NNE-richting. Men onderscheidt aldus drie heuvels van west naar oost : één te Oedelem, één te Knesselare-Ursel met een belangrijke lob naar het noorden (Adegem) en één te Zomergem. Deze drie hoogten worden van elkaar gescheiden door valleitjes. De sterkste hellingen (2-4 %) zijn meestal aan de zuidkant te vinden, terwijl het overige uit zwak hellende (1 à 2 %) en vlakke stroken bestaat.

Het studiegebied bevindt zich op het centrale massief tussen Knesselare en Ursel. De topzone bereikt een hoogte van meer dan +29 m T.A.W.\* , in het midden van het vliegveld van Ursel. Door aanduiding van de hoogtelijnen om de 5 m op plaat nr. 5, is het verloop van de heuvels in het studiegebied duidelijk te volgen. In het totaal kan men zeven heuvels onderscheiden : nabij Kleiten, nabij Kleitgoed, nabij Onderdale, vanaf het vliegveld naar de Drongengoedhoeve op, nabij de Schapersbossen, nabij Blakkeveld en nabij de Papinglohoeve. Er tussen liggen min of meer kleine depressies. Met uitzondering van de noordoostelijke hoek, daalt het oppervlak van het studiegebied in alle richtingen tot een hoogte van minder dan 10 m T.A.W.

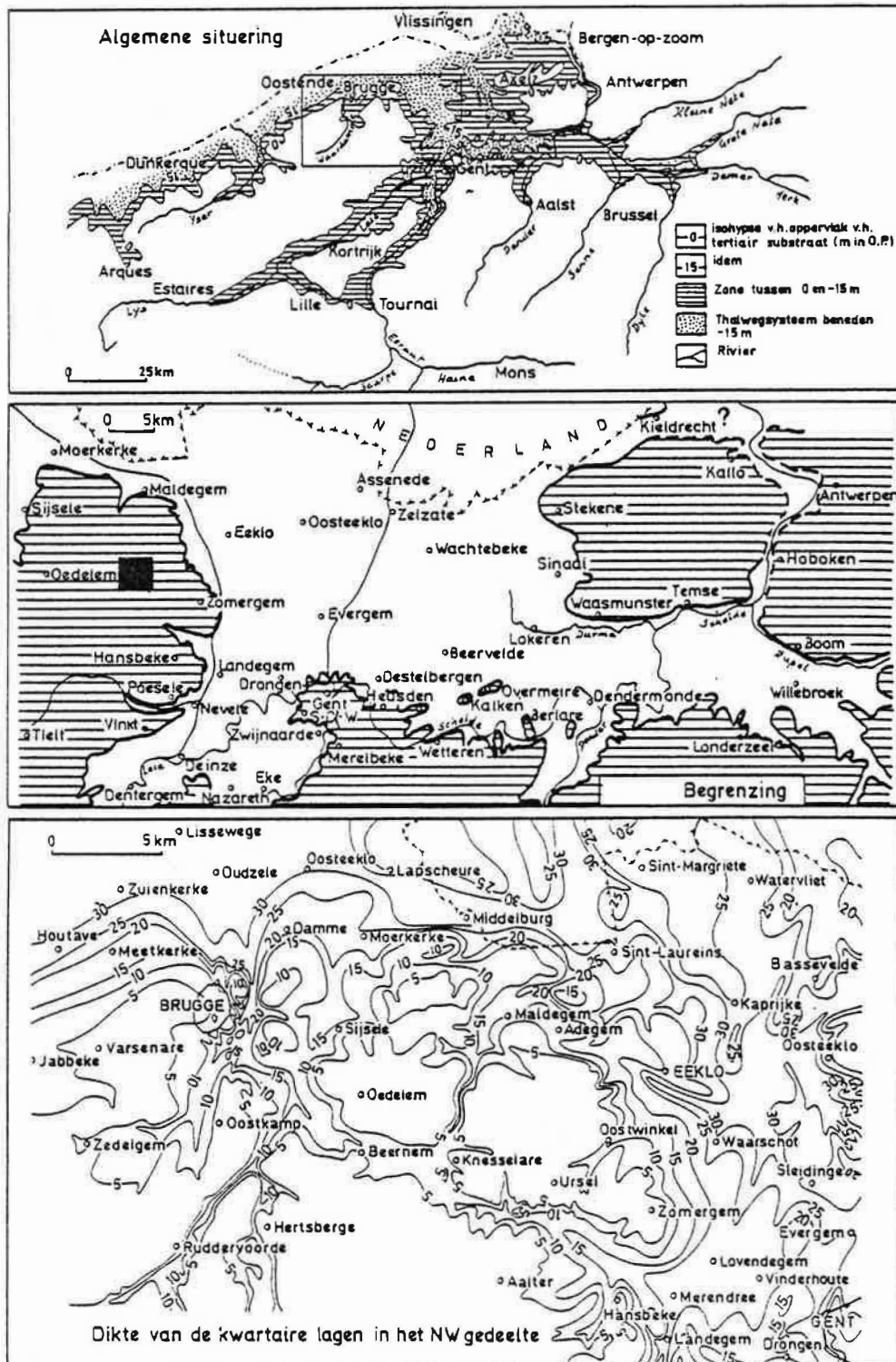
---

\* Alle peilen zijn aangegeven t.o.v. de Tweede Algemene Waterpassing (N.G.I.)

Morfologisch wordt het heuvelgebied een cuesta genoemd (G. DE MOOR, 1978), of een "sub-cuesta", wegens het ontbreken van een duidelijke cuesta-rug (J. HEMSCHOOTE, 1966). De afwisseling van harde en zachte lagen, de helling der lagen, een cuesta-front (ca. 4 % helling) en een subsekwente depressie (zuidelijke kanaaldepressie) zijn echter wel aanwezig. Voor de evolutie van het reliëf gaat J. HEMSCHOOTE (1966) ervan uit dat het heuvelkompleks als geheel tot stand kwam als uitgeboetseerd in het tertiaire regressieoppervlak. Tegelijk ontstond een konsekwent rivierstelsel op het regressie-oppervlak van het heuvelgebied. Vooral massa-transport onder periglaciaalklimaat (Riss-ijstijd) zorgde volgens hem voor de depressies, en de riviertjes ruimden op. Volgens G. DE MOOR & I. HEYSE (1978) (fig. 2.2) kwam door geleidelijke terugtrekking van de laat-tertiaire zeeën in noordelijke richting, Noord-België droog te liggen. Op dit oppervlak ontwikkelde zich een stel van evenwijdige rivierdalen. De insnijdingen werden evenwel onderbroken door afzettingsfasen en men verkreeg de vorming van terrassen. Terzelfdertijd ontwikkelden zich NW-SE gerichte subsekwente zijdalen in gemakkelijk erodeerbare tertiaire lagen, zoals het Paniseliaan zand waarin de kanaaldepressie zich bevindt, terwijl de minder erodeerbare monoklinale lagen, zoals de Bartoonklei, als NW-SE cuesta's in reliëf werden geplaatst. Konsekwent werden doorbraakdal in noordoostelijke richting gevormd.

De morfologische trekken van het studiegebied worden in hoofdzaak bepaald door het reliëf van de tertiaire ondergrond, die er zich op slechts enkele decimeters diepte bevindt, en door het hydrografisch net.

De natuurlijke ontwatering van het beekstelsel wordt onderschept door het kanaal Gent-Brugge in het zuiden en het Afleidingskanaal van de Leie in het oosten en het noorden. Op plaat nr. 6 kan men naast de waterlopen, hun afstromingsrichting, breedte en diepte, ook de waterscheidingen binnen het studiegebied onderscheiden.



DE VLAAMSE VALLEI (naar G. DE MOOR)

■ Studiegebied

Fig. 2.2 - De Vlaamse Vallei met aanduiding van het studiegebied op de omgevende heuvels

De volgende waterlopen in en rond het studiegebied wateren naar het zuiden in het kanaal Gent-Brugge af :

- de Zwarte Gatbeek, ook Drongengoedbeek en Slabbaartsbeek genoemd, voor het westen van het Drongengoed, het noorden van Knesselare en een deel van Oedelem
- de Berdelenbuisbeek voor het zuiden van Knesselare
- de Woestijnebeek en de Hollebeek voor het zuidoosten van Knesselare
- de Driesbeek voor het zuiden van het Drongengoed met de westelijke helft van het vliegveld, en het westen van Ursel
- de Dambeek, ook Leensvoorbeek genoemd, voor Ursel.

In het afleidingskanaal van de Leie monden de volgende waterlopen uit :

- de Wagenmakersbeek voor het noorden van Ursel en het zuidoosten van het Drongengoed; in de Wagenmakersbeek mondt ook de rioolbuis uit die het oostelijk deel van het vliegveld van Ursel ontwaterd,
- de Ede alsook haar bijbeek, de Splenterbeek, die het noorden van het gebied afwateren.

De Ede is de enige waterloop hierbij waarop men regelmatig debieten meet. Dit gebeurt te Maldegem, door het Laboratorium voor Hydraulica van de Rijksuniversiteit Gent (Prof. G. TISON) (fig. 2.1. a en b).

### 2.3. Geologie

De in dit gebied voorkomende stratigrafische eenheden zijn in tabel 2.6 opgenomen.

Op figuur 2.3 is schematisch de geologische bouw op schaal weergegeven. De diepten zijn aangegeven t.o.v. het hoogste centrale punt in het studiegebied nl. nabij het centrum van het vliegveld. Hierbij is de kronostratigrafische terminologie aangewend.



Tabel 2.6 - Stratigrafische indeling

CHRONOSTRATIGRAFIE				LITHOSTRATIGRAFIE		LEGENDE GEOL. KAART (1892)	AFKORTING IN DEZE STUDIE	WATER- VOEREND	SLECHT- DOORLATEND	ON- DOORLATEND			
CENOZOICUM	KWARTAIR					Alm , Alt Al <sub>2</sub> , q <sup>4</sup> , q <sup>3</sup> q <sup>2</sup>	K		x				
	TERTIAIR - PALEOGEEN	EOCEEN	BARTONIAAN	"ASSCHIAAN" of "BARTOON"	FORMATIE  VAN HET	LID VAN ONDERDYKE- ADEGEM	Asc	a3			x		
						LID VAN BUISPUTTEN		s2		x			
						LID VAN ZOMERGEM		a2			x		
						LID VAN ONDERDALE		s1		x			
						LID VAN URSEL		a1			x		
						LID VAN ASSE		Asb-a			x		
			MEETJES LAND	"WEMMELIAAN"	LID VAN WEMMEL	We	We		x				
					FORMATIE van LEDE	(LID VAN BALEGEM)	Le+Lk	-		x			
			LUTETIAAN	"LEDIAAN"	FORMATIE van KNESSELARE	LID VAN OEDELEM	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> b		x			
					FORMATIE VAN DE MONT- PANISEL	LID VAN VLIERZELE	P <sub>1</sub> d	P <sub>1</sub> d		x			
			IEPERIAAN	"PANSELIAAN"		LID VAN PITTEM	P <sub>1</sub> c	P <sub>1</sub> c			x		
					FORMATIE	LID VAN MERELBEKE	P <sub>1</sub> m	P <sub>1</sub> m					x
			VAN	LID VAN EGEM		y <sub>d</sub>	y <sub>d</sub>		x				
				IEPER	LID VAN VLAANDEREN	y <sub>c</sub>	y <sub>c</sub>						x
			PALEOGEEN	"LANDENIAAN"	FORMATIE VAN LANDEN		L <sub>2</sub>				x		
							L <sub>1</sub>						
			MESOZOICUM	KRYT	SENONIAAN	"CAMPANIAAN"			Cp3			x	
			PALEOZOICUM				CAMBRIUM	"DEVILLIAAN"			Dv		

KWARTAIR

PALEOGEELEN

MEZOCAMBRIC

KRIST

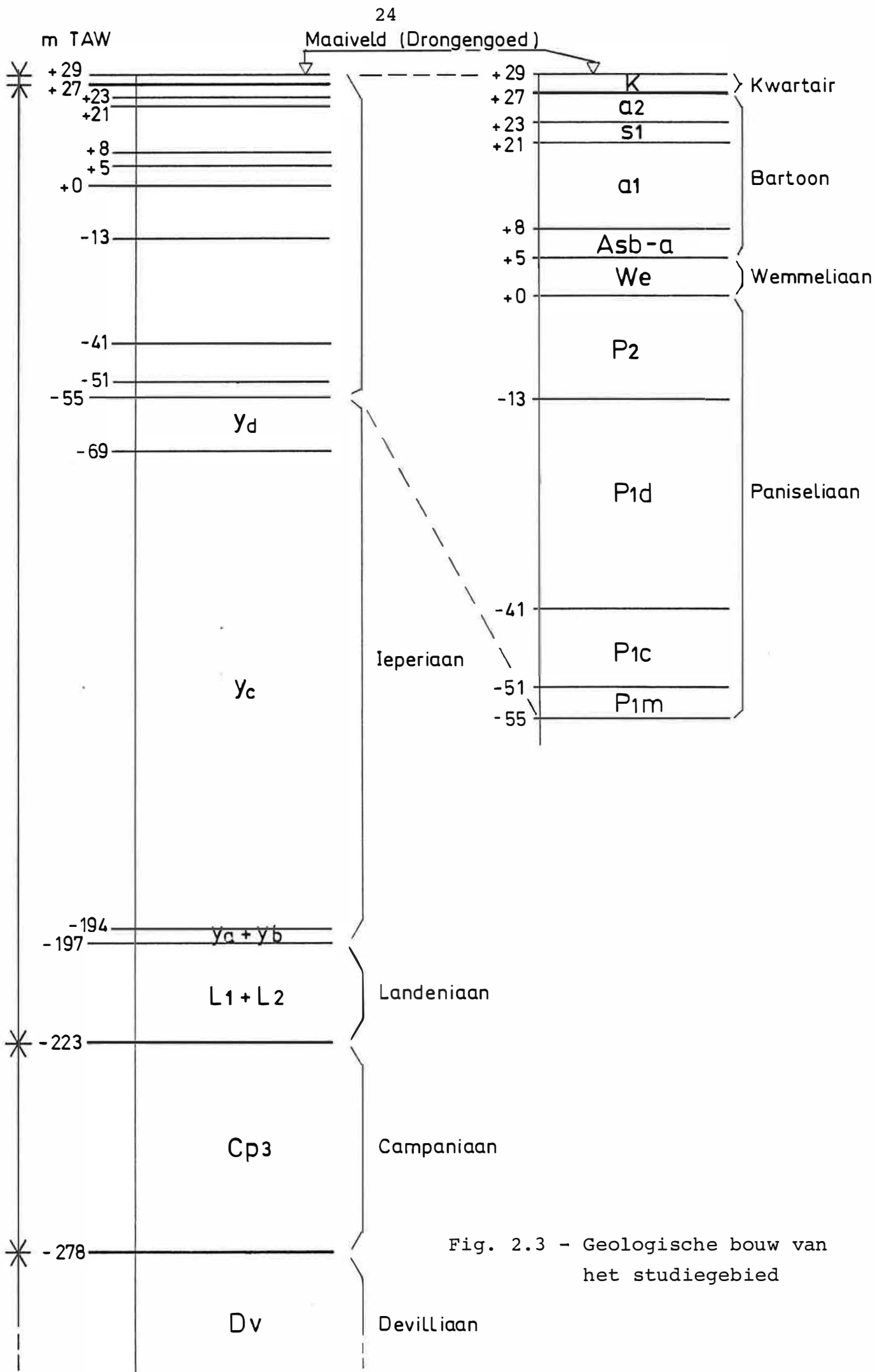


Fig. 2.3 - Geologische bouw van het studiegebied

### 2.3.1. Paleozoïcum

Het studiegebied bevindt zich op de noordoostelijke flank van een rug in het Massief van Brabant. De as van deze rug (de as van Oostende) loopt over Geraardsbergen via Oudenaarde naar Oostende en duikt naar het noordwesten. De top van de paleozoïsche sokkel ligt op -261 m TAW aan de zuidrand en op -296 m TAW aan de noordrand van het gebied. Dit erosievlak helt eveneens af naar het noordoosten met een helling van minder dan 1 %.

Men neemt aan dat de sokkelgesteenten in het noordwesten van het studiegebied tot het Reviniaan (Rva 1) behoren, maar het grootste deel echter binnen het studiegebied zouden Devilliaangesteenten zijn (Dvb) (R. LEGRAND, 1968). Deze afzetting bestaat uit groene magnetiethoudende kwartsrijke fyllieten en kwartsieten. De topzone is diep verweerd en bestaat uit groengrijs grinthoudend zand (HALET, 1912).

### 2.3.2. Mesozoïcum

Op de door erosie afgevlakte sokkel werden krijt en mergels afgezet. De top van de mesozoïsche afzettingen loopt van peil -214 m in het zuiden naar peil -239 m in het noorden van het gebied. De dikte bedraagt in het centrum circa 55 m (R. LEGRAND, 1968).

De afzettingen behoren tot het Campaniaan (Cp 3). Ze bestaan onderaan uit een relatief dunne laag van ca. 2 m witgrijs grofkorrelig krijt, doorspikkeld met glaukoniet (Cp 3a). Daarboven treft men wit fijnkorrelig fossielhoudend krijt aan met sporadisch een laag zwarte silexen (Cp 3cb) (HALET, 1912). Deze Krijt-afzetting werd vóór het Cenozoïcum gedeeltelijk geërodeerd.

### 2.3.3. Cenozoïcum

#### 2.3.3.1. Tertiair

In deze paragraaf worden al de in het studiegebied voorkomende stratigrafische tertiaire eenheden kort besproken,

zoals ze in de literatuur vermeld worden. Voor meer details van de voor deze studie belangrijke en aangeboorde eenheden, wordt verwezen naar de volgende hoofdstukken, onder meer bij de aanvullende terreinproeven en de litostratigrafische bouw.

In het Cenozoïcum ligt het gebied aan de rand van het subsidentiebekken van de Noordzee. In het Tertiair deden, zich aanvankelijk vanuit het noordwesten later vanuit het noordoosten, opeenvolgende transgressies voor. Aldus werden vooral mariene sedimenten, in hoofdzaak zanden en kleien, afgezet. De tertiaire lagen in het gebied behoren tot het Eoceen. De algemene helling bedraagt minder dan 1 % naar het noord-noordoosten. We onderscheiden de volgende afzettingen :

#### 2.3.3.1.1. Landeniaan

In het zuiden van het gebied bevindt de top van het Landeniaan zich op een peil van ca. -178 m en in het noorden op een peil van ca. -207 m (J.P. CNUUDE, 1976). De dikte schommelt rond 26 m. Het dagzoomt nergens in het gebied.

Men onderscheidt het mariene Onder-Landeniaan (L1) en het kontinentale Boven-Landeniaan (L2). Het Onder-Landeniaan omvat vooral zanden, kleien, mergels en onzuivere kalkstenen. Het Boven-Landeniaan is overwegend zandig, met klei- en lignietintercalaties. Men treft er ook knollige zandsteen en verkiezeld hout in aan (P. FOURMARIER, 1954).

#### 2.3.3.1.2. Ieperiaan

In het zuiden van het studiegebied komt de top van het Ieperiaan voor rond het peil -42 m, in het noorden rond het peil -63 m. De dikte bedraagt in het centrum ongeveer 142 m (MARECHAL et al, 1963). Er zijn geen Ieperiaan-ontsluitingen in het studiegebied.

Het Ieperiaan vertoont aan de basis een dun grint-niveau en daarna circa 3 m zand tot zandige klei (Ya en Yb). Daarboven ligt een dik kleipakket : de klei van Ieper (Yc), of lithostratigrafisch het Lid van Vlaanderen genoemd. Vervol-

gens bestaat het Ieperiaan uit het zand van Ieper (Yd), of lithostratigrafisch het Lid van Egem.

Het Lid van Vlaanderen bestaat uit een grijze tot blauwgrijze klei die rijk is aan glimmers. In het midden van de laag komt soms een zandig niveau voor. De overgang naar het Lid van Egem is meestal geleidelijk met zandige klei en fijne zandlensjes tot lagen zeer fijn zand. De dikte van deze kleilaag bedraagt circa 116 m, iets ten noordoosten van het studiegebied (Archief Belg. Geol. Dienst, kbl. 39E/Boring nr. 48) tot meer dan 153 m ten zuidwesten ervan (Archief Belg. Geol. Dienst, kbl. 38E/Boring nr. 45). Bij deze laatste werd waarschijnlijk een twintigtal meters Yd gerekend. Een aannemelijke waarde lijkt een gemiddelde dikte van ca. 125 m.

Het Lid van Egem (Yd) is weinig homogeen en bestaat uit fijn tot zeer fijn, donker grijsgroen zand. Meestal bevat het zeer veel fijn verdeeld glaukoniet, veel glimmers en veel nummulieten (FOURMARIER, 1954). De dikte van deze zandlaag bedraagt nabij het studiegebied ca. 20 m (Archief Belg. Geol. Dienst, kbl. 39E/Boring nr. 48).

#### 2.3.3.1.3. Ledo-Paniseliaan

Het Ledo-Paniseliaan is een samentrekking van het Paniseliaan en het bovenliggende Lediaan. Wat dit laatste betreft, kan men stellen dat het in het studiegebied niet voorkomt. Op de Geologische kaart wordt het Lediaan niet vermeld. Volgens P. JACOBS (1978) is het Lediaan hier niet aanwezig. M. LERICHE (1929) beschrijft gerolde Lediaanelementen in het Kwartair en betwijfelt of het hier volledig zou geërodeerd zijn.

Het Paniseliaan was een tijd waarin het Eoceen waddengebied verzandde en er een open-kust configuratie ontstond, waarbij de strandlijn naar het noorden regresseerde (S. GEETS, 1969). Het materiaal dat van een zuidelijk verweerd gebied afkomstig is, is onder een warm en vochtig klimaat afgezet.

De top van het Ledo-Paniseliaan bevindt zich op ca. +7,5 m in het zuiden van het gebied en op ca. -12,5 m in het noorden van het gebied. Er zijn geen ontsluitingen binnen het studiegebied.

Litostratigrafisch kan men het Paniseliaan onderverdelen in de Formatie van Ieper (partim), in de Formatie van de Mont-Panisel en de Formatie van Knesselare (P. JACOBS, 1975).

De Formatie van Ieper is vertegenwoordigd door de zware klei van het Lid van Merelbeke (P1m).

De Formatie van de Mont-Panisel bestaat uit het Lid van Pittem (P1c), d.i. een donkergroene tot grijsgroene zandige klei tot kleilig zand met een dikte van ca. 10 m (Archieven Belg. Geol. Dienst, kbl. 39E, nr. 53) met naar boven toe een geleidelijke overgang naar het Lid van Vlierzele (P1d), dat beschreven wordt als een groengrijs middelmatig tot middelmatig fijn zand, glaukoniet- en glimmerrijk (J.P.H. KAASSCHIETER, 1961). De dikte van dit laatste lid bedraagt ca. 28 m in het studiegebied en vertoont bovenaan een humeuze tot venige klei met fijne zandnesten, de zgn. laag van Aalterbrugge (P. JACOBS, 1975).

In de Formatie van Knesselare kan men het Lid van Beernem (P2c), het Lid van Oedelem (P2b) en het Lid van Aalter (P2a) onderscheiden, maar alleen het Lid van Oedelem is belangrijk voor het studiegebied met een dikte van ca. 13 m (P. JACOBS, 1975). Het is een grijs zand tot lemig zand, middelmatig fijn tot fijn van korrel, licht glaukonieethoudend, met bovenaan een zeer fossielhoudende zone die ook diskontinue kalkzandsteenbanken bevat en onderaan een bijna fossielloze zone.

#### 2.3.3.1.4. Wemmeliaan en Bartoon

Deze twee leden worden samengenomen omdat zij litostratigrafisch tot dezelfde eenheid behoren, nl. de Formatie van het Meetjesland (P. JACOBS, 1978), die een deel van de eo-oligocene overgangslagen vormt, en waarbij een cyclische sedimentatie met 3 fasen van maximale diepte optrad,

overeenkomend met de dekantatie van zware kleien.

De top van deze eenheid, tevens de top van het Tertiair, wisselt sterk, en wordt in dit heuvelgebied tamelijk goed weerspiegeld in de topografie.

Onderaan bestaat deze eenheid uit het Lid van Wommel (We), voorkomend onder de vorm van een glaukoniethoudend grijs fijn zand, waarvan het kleigehalte toeneemt naar de top, en een dikte van 4 tot 5 m. Het bevat ook kalkzandsteenbrokken en de typische "Nummulites wommelensis".

De overgang naar het Lid van Asse (Asb-a) gebeurt zeer geleidelijk en valt slechts op door het verdwijnen van de "Nummulites wommelensis" en door een sterke toename van het glaukonietgehalte. Daarin bevinden zich soms echte laagjes grof glaukonietzand. De dikte van deze glaukoniethoudende klei schommelt tussen 2 en 4 m.

In het daarbovenliggende Lid van Ursel (a1) verzwaart de tekstuur tot een homogene, grijsblauwe, klei tot zware klei die niet kalk-, fossiel- of glaukoniethoudend is en die ongeveer een dikte van circa 13 m kan bereiken.

Aan de top wordt het Lid van Ursel zandiger en gaat langzaam over in een donkergrijs lemig middelmatig fijn zand, glaukoniet- en glimmerhoudend : het Lid van Onderdale (s1). De dikte wisselt van 2 tot 4 m.

Het Lid van Onderdale wordt bedekt door het Lid van Zomergem (a2). Deze grijsblauwe klei tot zware klei kan een dikte van maximaal 8 m bereiken, maar is in het studiegebied door erosie herleid tot een kleinere dikte. Deze klei onderscheidt zich op het eerste gezicht in niets van het Lid van Ursel.

Het Lid van Buisputten (s2) en het Lid van Onderdijke-Adegem (a3) komen in het studiegebied niet voor, maar wel ten noordoosten ervan. Het Lid van Buisputten is een glaukoniethoudend, lemig middelmatig fijn zand bovenaan en een zandige klei onderaan, het Lid van Onderdijke-Adegem bestaat uit een zware klei.

### 2.3.3.2. Kwartair

Zoals reeds vermeld in paragraaf 2.2. Topografie, Morfologie en Hydrografie werden in de vormingsperiode van de Vlaamse Vallei ook in dit gebied diepe valleien in het tertiaire substraat uitgeschuurd.

Gedurende het Weichsel-glaciaal werd dit gebied bedekt met niveo-fluviale en niveo-eolische zandige en lemige materialen. Volgens de dikte van het pleistoceen dek (Weichseliaan) kunnen we in het gebied 2 zones onderscheiden : het overgangsgebied tussen de depressies en de rugzones heeft een matig dunne deklaag (1-5 m), op de rugzones is de dikte van het Kwartair in het algemeen gering en bevindt het tertiaire substraat zich op slechts enkele decimeters diepte.

Na de Weichsel-ijstijd had, in het Laatglaciaal, lokaal nog een hernieuwde eolische aktie plaats tijdens de koude Dryasfasen. Het betreft uitsluitend lokale verplaatsingen van dekzand dat in en nabij de valleien werd opgenomen en op de flanken ervan weer afgezet.

Ook tijdens het Holoceen grepen nog zandverstuivingen plaats, waarbij bodemprofielen onder een relatief dunne laag stuifzand bedolven werden (Boreaal). Uit die periode dagtekent eveneens de vorming van veen en de sedimentatie van zandlemige en kleiige oppervlakte-afzettingen in de depressies (recent alluvium).

Bodemkundig treft men in het gebied de associatie van het lemig-zandgebied aan, in een vrij dunne kwartaire bedekking van minder dan 5 m (R. TAVERNIER, Ch. SYS en H. VANDENHOUDT, 1972).



### 3. AANVULLENDE PROEVEN

Uitgaande van de beschikbare informatie werden de aanvullende proeven, voorzien in het kontrakt, uitgevoerd. Deze omvatten terrein- en laboratoriumwerkzaamheden.

#### 3.1. Boringen

##### 3.1.1. Doel

De boringen werden in de eerste plaats uitgevoerd om peilbuizen aan te brengen, voor maandelijkse peilmetingen en voor een pompproef. In de tweede plaats zijn de boor-monsters en -beschrijvingen aangewend om een beter inzicht te verkrijgen in de litologische bouw van de ondergrond.

##### 3.1.2. Ligging

De ligging en de nummers van de boringen zijn weergegeven op plaat 7. Gedetailleerde situatieplans zijn opgenomen in bijlage 2.

De boringen zijn gelegen op de kruispunten van de lijnen getrokken doorheen de Lambert-koördinaten. De x-koördinaten van 84 tot en met 88 werden genummerd van 1 tot 5. De y-koördinaten van 203 tot en met 207 kregen een letter van A tot E. Bijgevolg bestaan de nummers van de boringen uit een letter- en cijferkombinatie. Dit brengt het totaal op 25 mogelijke combinaties. Er werd evenwel slechts op 15 plaatsen geboord. Het totale aantal geboorde meters bedroeg hierdoor reeds 779,15 m waardoor de in het kontrakt voorziene 700 meters ruimschoots werd overschreden. Op die 15 plaatsen werden in het totaal 21 boringen uitgevoerd.

##### 3.1.3. Uitvoering

De boorkampagne die duurde van 21.3.83 tot 22.12.83 kan in twee delen worden uitgesplitst : enerzijds waren er de ondiepe boringen tot juist onder de Bartoonklei (a1), uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie zelf, in hoofdzaak voor het plaatsen van peilbuizen voor

maandelijkse opmeting; anderzijds de diepe boringen tot halverwege de Ledo-Paniseliaanlaag, tot op de basis van het Paniseliaan (P1m) en zelfs tot in het Ieperiaan (top Yc), uitgevoerd door gespecialiseerde boorfirma's, in hoofdzaak voor het plaatsen van peilbuizen voor een pompproef en voor een litologisch overzicht van de lagen in het studiegebied tot aan het Ieperiaan.

De ondiepe boringen TGO 81-9/A2(F2), A3, B1, B2, B3 werden uitgevoerd met het toestel DROBO2 tot maximum 12,5 m, en in bepaalde gevallen met de SPOBO1 verder uitgespoeld. DROBO2 is een toestel voor het uitvoeren van droge gepulste boringen met verbuizing, met een diameter van ca. 90 mm. SPOBO1 is een toestel voor spoelboringen met een diameter van ca. 90 mm. De diepte van deze boringen bedraagt maximaal 16,6 m en gemiddelde 12,45 m.

De ondiepe boringen TGO81-9/A4, A5(F1+F2), B4, C3, C5, D2, D3, E3 en A2(F1) werden uitgevoerd met het toestel SPOBO2, d.i. een toestel voor gespoelde boringen, met een diameter van ca. 100 mm. Voor de boringen werd geen boorspoeling gebruikt. De diepte van deze boringen bedroeg maximaal 42 m en gemiddelde 37,66 m.

De diepe boringen TGO 81-9/B5-I(F1), II, III en D4 werden door gespecialiseerde boorfirma's uitgevoerd, nl. B5 door de firma GEOLAB uit Gent en D4 door de firma SMET-DB uit Dessel. Oorspronkelijk lag het in de bedoeling op twee verschillende plaatsen een diepe, gestoken boring te laten uitvoeren, die als pompput zou kunnen worden aangewend, met telkens op 25 en 100 m afstand een gespoelde boring als waarnemingsput. Het budget liet dit echter niet toe. Bijgevolg werd overgegaan tot één gestoken boring op de plaats B5 tot op de basis van het Ledo-Paniseliaan met op 25 en 100 m afstand telkens een gespoelde boring tot halverwege de Ledo-Paniseliaanlaag. Op de plaats D4 werd de boring gespoeld tot op de basis van het Ledo-Paniseliaan, en daarna gestoken tot op de basis van het Ieperiaan-zand (Yd). De gestoken boringen hadden een diameter van 100 mm. Achteraf werd het boorgat uitgespoeld

tot een diameter van 350 mm. Wegens technische moeilijkheden, die trouwens ook veel tijd in beslag hebben genomen, werd de gestoken boring B5 in drie delen uitgevoerd. Daarenboven werden op deze plaats nog twee ondiepe boringen (B5-I/F2 en F3) gedaan.

Op tabel 3.1 is een overzicht van de geboorde diepte en soort boring gegeven.

Tabel 3.1 - Overzicht boringen

Nummer	Diepte in m	Aard van de boring in m			Opmerkingen
		Gestoken	Gepulst of met spiraal	Gespoeld	
A2/F1	42,00			0,00-42,00	
A2/F2	10,65		0,00- 7,65	7,65-10,65	
A3	15,40		0,00-12,50	12,50-15,40	
A4	39,00			0,00-39,00	
A5/F1	35,40			0,00-35,40	
A5/F2	18,20			0,00-18,20	
B1	9,50		0,00- 9,50		
B2	10,10		0,00-10,10		
B3	16,60		0,00- 9,50	9,50-16,60	
B4	36,00			0,00-36,00	
B5-I/F1	60,00	0,00-26,00		26,00-60,00	Op 25 m ten ZW van B5-III
B5-I/F2	29,00			0,00-29,00	Op 23,50 m ten ZW van B5-III
B5-I/F3	8,00			0,00- 8,00	Op 24,25 m ten ZW van B5-III
B5-II	59,50	26,00-59,50		0,00-26,00	Op 100 m ten ZW van B5-III
B5-III	82,00	57,00-82,00		0,00-57,00	
C3	41,40			0,00-41,40	
C5	38,40			0,00-38,40	
D2	42,00			0,00-42,00	
D3	42,00			0,00-42,00	
D4	102,00	78,00-102,00		0,00-78,00	
E5	42,00			0,00-42,00	

#### 3.1.4 Plaatsing van peilbuizen

Alle boorgaten werden uitgebouwd tot hydrologische waarnemingspunten door het aanbrengen van een PVC-filter met PVC-stijgbuis en bezinkbuis. De breedte van gleuven in de filterelementen bedraagt 0,3 à 0,5 mm. De lengte en diameters van de gebruikte filters is weergegeven in tabel 3.2. Rond de filter is een omstorting aangebracht van 0,7-1,25 mm, bij de boringen van het Geologisch Instituut, en van 0,5-0,8 mm of 0,8-1,25 mm, bij de andere boringen. Ter hoogte van slecht doorlatende lagen is een stop van kleikogels met een diameter van 10 mm aangebracht. Alle peilbuizen werden onder de grond afgewerkt met een deksteen, met uitzondering van TGO 81-9/B5-I tot III, die boven de grond uitsteken.

#### 3.1.5. Resultaten

De boorstaten zijn opgenomen in bijlage 3. De beschrijving van de grondsoorten is onmiddellijk op het terrein gebeurd voor wat de gespoelde en gepulste boringen betreft, en in het laboratorium, onmiddellijk na openzagen van de kernen, voor wat de gestoken boringen betreft. Bij deze beschrijvingen werd zoveel mogelijk de klassifikatie gevolgd die uitgewerkt is door M. DEPRET (1981) en die in hoofdzaak gesteund is op de criteria gebruikt bij het Ministerie van Openbare Werken (type-bestek nr. 150). Deze klassifikatie is in bijlage 4 opgenomen. Hierbij dient wel opgemerkt dat deze veldbeschrijvingen steunen op visuele waarnemingen, die eerder subjectief zijn en waarbij ook soms andere termen worden vermeld dan opgenomen in de klassifikatie.

De geologische interpretatie van de boringen is gegeven in tabel 3.3. In welke eenheid het filterelement voorkomt is opgenomen in tabel 3.2. Hierbij dient wel opgemerkt dat de indeling in formaties hoofdzakelijk is gesteund op de typebeschrijving van P. JACOBS (1978). Bij deze indeling speelt echter ook de fossieleninhoud een belangrijke rol. Daar echter een paleontologisch onderzoek niet in deze studie was voorzien, kan de geologische interpretatie bijgevolg kleine afwijkingen vertonen. Hierbij valt op te merken

Tabel 3.2 - Overzicht peilbuizen

Nummer	Diepte filter onder maaiveld van-tot (in m)	Peil filter van-tot (in m TAW)	Ø peilbuis Binnen/Buiten	Litostrato- grafische eenheid waarin fil- terelement
A2/F1	30,00-32,00	-11,70/-13,70	57/63	P1d
A2/F2	8,50-10,50	9,42/ 7,42	57/63	K
A3	13,00-15,00	11,45/ 9,45	57/63	We
A4	36,65-38,65	-12,96/-14,96	57/63	P1d
A5/F1	32,30-34,30	- 7,52/- 9,52	57/63	P2
A5/F2	16,20-18,20	8,58/ 6,58	57/63	We
B1	7,00- 9,00	10,05/ 8,05	57/63	We/P2
B2	7,90- 9,90	10,79/ 8,79	57/63	We
B3	14,00-16,00	7,40/ 5,40	57/63	Asb-a/We
B4	32,00-34,00	-6,15/ 8,15	103/110	P2
B5-I/F1	57 -59	-28,26/-30,22	57/63	P1d
B5-I/F2	26,95-28,95	1,82/- 0,08	57/63	We
B5-I/F3	6 - 7	22,76/ 21,76	36/40	s1
B5-II	57,00-59,00	-28,42/-30,42	57/63	P1d
B5-III/F1	24 -73	4,70/-44,30	142/160	We/P2/P1d/P1c
B5-III/F2	58 -60	-29,30/-31,30	57/63	P1d
C3	36,50-38,50	-12,35/-14,35	57/63	P2
C5	36 -38	-14,72/-16,72	57/63	P2
D2	39,50-41,50	-24,43/-26,43	57/63	P1d
D3	39,30-41,30	-21,22/-23,26	57/63	P2
D4/F1	84 -94	-62,67/-72,67	103/110	Yd
D4/F2	87 -89	-65,67/-67,67	28/32	Yd
D4/F3	28 -70	- 6,67/-48,67	103/110	We/P2/P1d
D4/F4	50 -52	-28,67/-30,67	28/32	P2
E3	39,60-41,60	-21,16/-23,16	57/63	P2

Tabel 3.3 - Overzicht geologische interpretatie boringen

Nummer	Basis litostratigrafische eenheid : $\begin{matrix} \text{diepte in m} \\ \text{peil in m TAW} \end{matrix}$											
	k	a2	s1	a1	Asb-a	We	P2	P1d	P1c	P1m	Yd	Yc
A2 ( <u>F1</u> +F2)	$\frac{11,00}{+7,30}$						$\frac{23,50}{-5,20}$	$\frac{(42,00)}{(-23,70)}$				
A3	$\frac{0,75}{+23,70}$			$\frac{9,40}{-15,05}$	$\frac{11,00}{+13,45}$	$\frac{(15,40)}{(+9,05)}$						
A4	$\frac{3,00}{+20,89}$			$\frac{12,50}{+11,39}$	$\frac{14,30}{+9,59}$	$\frac{20,00}{+3,89}$	$\frac{32,00}{-8,11}$	$\frac{(39,00)}{(-15,11)}$				
A5 ( <u>F1</u> +F2)	$\frac{2,00}{+22,78}$			$\frac{13,50}{+11,28}$	$\frac{16,50}{+8,28}$	$\frac{23,40}{+1,38}$	$\frac{(35,40)}{(-10,62)}$					
B1	$\frac{1,75}{+15,30}$				$\frac{4,50}{+12,55}$	$\frac{7,80}{+9,25}$	$\frac{(9,50)}{(+7,55)}$					
B2	$\frac{2,00}{+16,69}$			$\frac{5,40}{+13,29}$	$\frac{6,75}{+11,94}$	$\frac{(10,10)}{(+8,59)}$						
B3	$\frac{1,00}{+20,40}$			$\frac{12,40}{+9,00}$	$\frac{14,50}{+6,90}$	$\frac{(16,60)}{(+4,80)}$						
B4	$\frac{2,10}{+23,75}$			$\frac{17,50}{+8,35}$	$\frac{20,90}{+4,95}$	$\frac{24,00}{+1,85}$	$\frac{(36,00)}{(-10,15)}$					
B5 (I+II+III)	$\frac{2,10}{+26,60}$	$\frac{5,65}{+23,05}$	$\frac{7,85}{+20,85}$	$\frac{21,00}{+7,70}$	$\frac{24,00}{+4,70}$	$\frac{28,90}{-0,20}$	$\frac{43,70}{-15,00}$	$\frac{69,90}{-41,20}$	$\frac{79,30}{-50,60}$	$\frac{(82,00)}{(-53,30)}$		
C3	$\frac{3,20}{+20,95}$		$\frac{4,50}{+19,65}$	$\frac{17,50}{+6,65}$	$\frac{21,40}{+2,75}$	$\frac{24,50}{-0,35}$	$\frac{(41,40)}{(-17,25)}$					
C5	$\frac{4,50}{+16,78}$		$\frac{5,50}{+15,78}$	$\frac{19,00}{+2,28}$	$\frac{21,00}{+0,28}$	$\frac{27,40}{-6,12}$	$\frac{(38,40)}{(-17,12)}$					

Tabel 3.3 - Overzicht geologische interpretatie boringen - vervolg

Nummer	k	Basis litostratigrafische eenheid : $\frac{\text{diepte in m}}{\text{peil in m TAW}}$										
		a2	s1	a1	Asb-a	We	P2	P1d	P1c	P1m	Yd	Yc
D2	$\frac{3,20}{+11,87}$			$\frac{10,50}{+5,20}$	$\frac{12,00}{3,07}$	$\frac{16,70}{-1,63}$	$\frac{37,00}{-21,93}$	$\frac{(42,00)}{(-26,93)}$				
D3	$\frac{1,80}{+16,24}$			$\frac{15,50}{+2,54}$	$\frac{17,50}{+0,54}$	$\frac{22,90}{-4,86}$	$\frac{(42,00)}{(-23,96)}$					
D4	$\frac{4,00}{+17,33}$			$\frac{24,00}{-2,67}$	$\frac{28,00}{-6,67}$	$\frac{32,00}{-10,67}$	$\frac{52,00}{-30,67}$	$\frac{74,00}{-52,67}$	$\frac{79,30}{-57,97}$	$\frac{83,70}{-62,37}$	$\frac{98,00}{-76,67}$	$\frac{(102,00)}{(-80,67)}$
E3	$\frac{1,70}{+16,74}$	$\frac{3,30}{+15,14}$	$\frac{5,30}{+13,14}$	$\frac{19,30}{+0,86}$	$\frac{22,50}{-4,06}$	$\frac{26,00}{-7,56}$	$\frac{(42,00)}{(-23,56)}$					

( ) = einde boring, basis litostratigrafische eenheid niet bereikt

dat vanuit hydrogeologisch standpunt de stratigrafische indeling van minder belang is. Het zijn vooral de litologische kenmerken die een rol spelen bij de bepaling van de hydraulische parameters. De resultaten worden verder aangewend in hoofdstuk 4.

### 3.2. Geofysische boorgatmetingen

#### 3.2.1. Doel

Deze metingen werden verricht om meer informatie te verkrijgen over de litologie van de aangeboorde lagen bij spoelboringen. Dit is onder andere van belang bij het plaatsen van de peilbuizen.

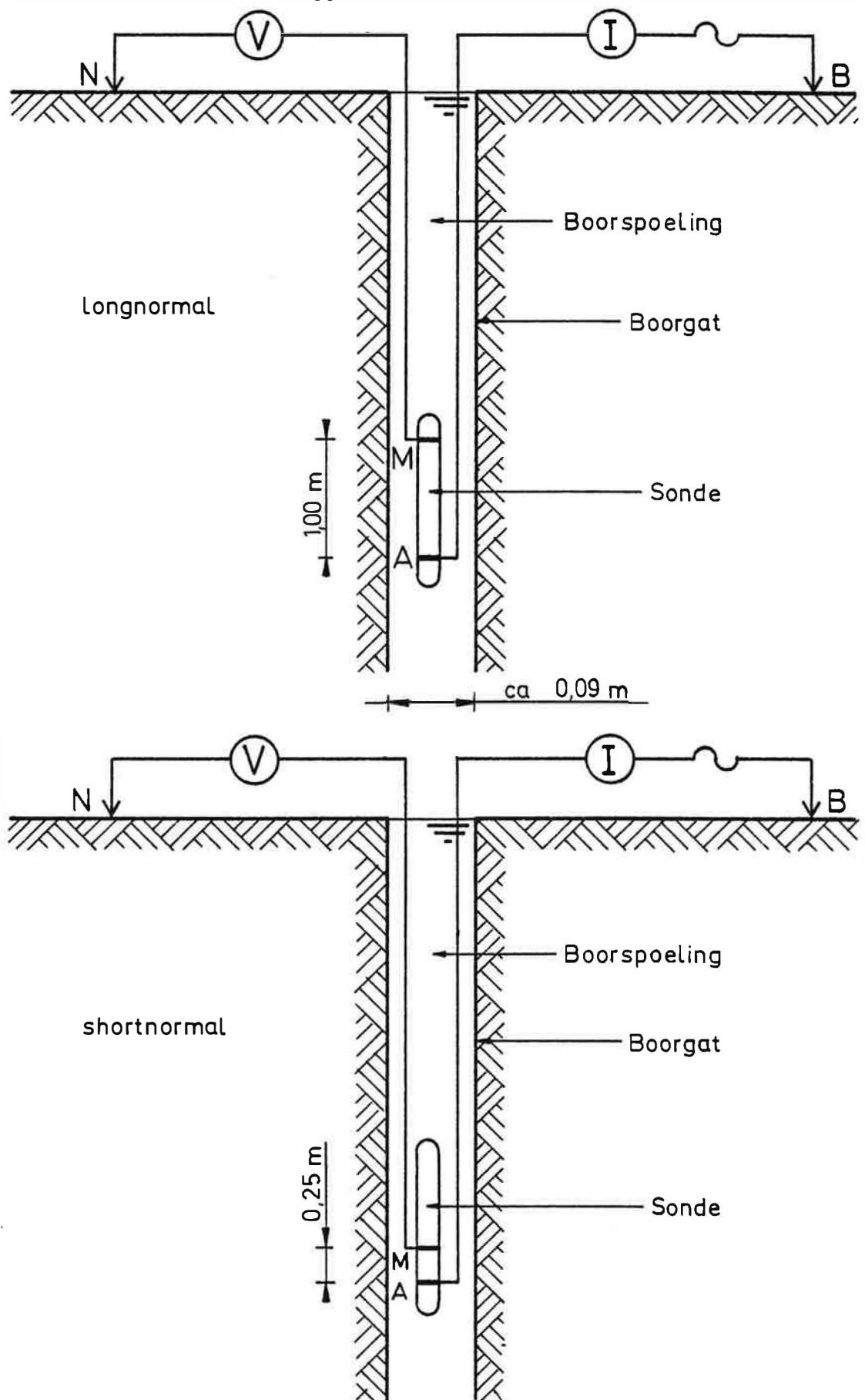
#### 3.2.2. Uitvoering

In alle gespoelde boorgaten, uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie werd een boorgatmeting verricht, met uitzondering van de TGO 81-9/A5-F2.

De metingen werden uitgevoerd onmiddellijk na de boring, vooraleer een peilbuis in het boorgat werd neergelaten. Er werd gebruik gemaakt van een "long-normal" (LN)-sonde en een "short-normal" (SN)-sonde (Rijksuniversiteit Gent). Bij de LN-sonde is de afstand tussen stroom- en meetelektrode 1,00 m, bij de SN-sonde 0,25 m. De elektroden van de sondes zijn ringelektroden met een diameter van 32 mm en een breedte van 5 mm. De andere elektroden, twee metalen staven, werden aan het oppervlak geplaatst op een grote onderlinge afstand en op gelijke afstand t.o.v. het boorgat. Men neemt aan dat zij op een oneindige afstand staan (Fig. 3.1).

Eerst werd de LN- en daarna de SN-meting verricht. Hierbij werden de sondes tot op de bodem van het boorgat neergelaten en bij het ophalen werd om de 0,25 m (= niet-kontinue registratie) een wisselstroom met een frequentie van 100 Hz aangelegd tussen de stroomelektroden A en B. Op een aardmeter (GOSSEN, GEOHM, Duitsland) werd een  $\frac{\Delta V}{I}$ -waarde afgelezen. De diepte en afgelezen waarden werden op band gezet en verwerkt met een Tektronix 4051 - tafelrekenmachine.





A en B : stroomelektroden  
 M en N : spanningselektroden

$$\text{Resistiviteit} = \rho = K \frac{\Delta V}{I}$$

K = konstante van de sonde

Fig.3.1 Elektrische boorgatmetingen

De afgelezen waarden werden automatisch met de goniometrische faktor  $K$  vermenigvuldigd ( $K = 8,04$  voor de LN-opstelling;  $K = 2,92$  voor de SN-opstelling).

In de diepe boorgaten TGO 81-9/B5-III en TGO 81-9/D4, werden de boorgatmetingen uitgevoerd door de Dienst Grondwater-verkenning van TNO-Delft (Nederland), in opdracht van de Belgische Geologische Dienst, in het bestek van een algemeen geofysisch onderzoek. Bij deze boorgatmetingen werden 4 elektrische sondes gebruikt met elektrodenafstanden van respectievelijk 0,2 m; 0,4 m; 1 en 2 m. Daarnaast werden eveneens de spontane potentiaal, de natuurlijke gammastraling en de boorgatdiameter kontinu geregistreerd.

### 3.2.3. Resultaten

De resistiviteiten van de boorgatmetingen uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie werden uitgezet in functie van de diepte : in abscis werd de resistiviteit volgens een logaritmische schaal uitgezet, in ordinaat de diepte volgens een rekenkundige schaal.

Deze grafieken zijn weergegeven in bijlage 5. Naast elke grafiek werd een boorprofiel getekend. De legende die hierbij werd aangewend is opgenomen in bijlage 6.

Door gebruik te maken van de correctiefuncties, afgeleid uit de grafieken van K.S. KUNZ en J.H. MORAN (1958), kon een aanpassing van de resistiviteitswaarden worden uitgevoerd waarbij aan de hand van de resistiviteit van de boorvloeistof  $\rho_m$  en de gemeten resistiviteit  $\rho_a$ , een waarde voor de horizontale resistiviteit  $\rho_H$  van de afzetting werd bekomen (BOLLE, I., 1983). Dit werd toegepast zowel bij isotropie ( $\lambda = 1$ ) als bij anisotropie ( $\lambda = 2,5$ ).

Voor alle boorgatmetingen leverde bovenstaande werkwijze 6 curven op : 3 curven voor de LN-opstelling en analoog 3 curven voor de SN-opstelling. Elk stel van 3 curven bestaat uit één curve voor  $\rho_a$ , één voor  $\rho_H$  bij  $\lambda = 1$  en een laatste voor  $\rho_H$  bij  $\lambda = 2,5$ .

Zowel de correctie voor  $\lambda = 1$  als voor  $\lambda = 2,5$  veranderde weinig aan de waarden bekomen met de LN-sonde. De correctie van de waarden bekomen met de SN-sonde leidde tot duidelijke verschillen. Bij  $\lambda = 2,5$  was een duidelijke verschuiving naar lagere  $\rho$ -waarden te merken. Deze verschuiving was groter voor de resistiviteiten van de zanden dan voor de resistiviteiten van de kleien. Bij  $\lambda = 1$  was er een correctie naar hogere resistiviteiten. De verschuiving was groter bij kleien dan bij zanden. Het was echter niet mogelijk om door deze correctie de waarden van de LN- en SN-sondes in overeenstemming te brengen.

In de literatuur wordt vermeld dat de waarden van de LN-sonde het beste de reële resistiviteit van de formatie benaderen. Anderzijds blijkt uit de metingen dat de resistiviteiten uit de geo-elektrische sonderingen in dit gebied hoger liggen dan deze van de LN- als SN-boorgatmetingen en dat de waarden van de SN-sonde het beste deze sonderingswaarden benaderen (J. FRANÇOIS, 1984).

De grafieken van de TNO-metingen werden eveneens in bijlage 5 opgenomen.

Bij het opstellen van een litostratigrafie houdt men o.a. rekening met de textuur en de fossieleninhoud van de gesteenten. De geo-elektrische indeling is echter essentieel gesteund op een elektrische eigenschap, nl. de resistiviteit, die voornamelijk door textuur en het interstitiële water worden bepaald. De elektrische eigenschappen van elke geo-elektrische eenheid in een doorsnede kan beschreven worden door vijf elektrische parameters. Indien men een sectie uit een boring onderstelt met een doorsnede  $A$  van  $1 \text{ m}^2$ , opgebouwd uit  $m$  horizontale lagen met elk een karakteristieke resistiviteit  $\rho_i$  en een dikte  $h_i$ , waarbij de totale dikte van de eenheid  $H$  wordt genoemd, dan is de weerstand van een laag  $i$  :

$$R_i = \frac{\rho_i h_i}{A}$$

De vijf elektrische parameters die een geo-elektrische eenheid beschrijven zijn dan :

- de transversale of totale weerstand  $T$ , d.i. de som van de weerstanden uitgeoefend door elke laag afzonderlijk :

$$T = \sum_{i=1}^m \rho_i h_i$$

- de schijnbare resistiviteit in een richting loodrecht op de gelaagdheid  $\rho_t$  :

$$\rho_t = \frac{T}{H} = \frac{\sum_{i=1}^m \rho_i h_i}{\sum_{i=1}^m h_i}$$

- de totale geleidbaarheid  $s_T$ , die de som is van de geleidbaarheden van elke laag afzonderlijk, voor een stroom die horizontaal door de volledige sectie loopt :

$$s_T = \sum_{i=1}^m \frac{h_i}{\rho_i}$$

- de reciproke van de schijnbare konduktiviteit voor een stroom die horizontaal door de sektion loopt of schijnbare (longitudinale) resistiviteit  $\rho_l$

$$\rho_l = \frac{H}{s_T} = \frac{\sum_{i=1}^m h_i}{\sum_{i=1}^m \frac{h_i}{\rho_i}}$$

- de koëfficiënt van anisotropie :

$$\lambda = \frac{\rho_t}{\rho_l} = \frac{s_T T}{H^2} = \frac{\sum h_i \rho_i \cdot \sum \frac{h_i}{\rho_i}}{(\sum h_i)^2}$$

Deze parameters werden berekend uitgaande van de LN-curven die in een blokdiagram met segmenten van 1 m dikte werden onderverdeeld, waarbij het rekenkundig gemiddelde van de vier metingen (meetstap = 0,25 m) aan het segment werd toegekend. Daarna diende

Tabel 3.4 - T-waarden voor de litostratigrafische eenheden  
in  $\Omega\text{m}^2$

	K	a2	s1	a1	Asb-a	We	P2	P1d
TGO 81-9/A2	146,9	-	-	-	-	-	68,6	663,4
TGO 81-9/A4	-	-	-	61,1	22,2	163,2	112,1	287,8
TGO 81-9/A5	-	-	-	47,4	19,8	161,1	118,2	-
TGO 81-9/B4	-	-	-	70,6	22,2	185,0	104,5	-
TGO 81-9/C3	-	-	15,4	54,3	25,3	120,1	115,8	-
TGO 81-9/C5	-	23,2	18,8	59,8	12,3	122,4	112,8	-
TGO 81-9/D2	-	-	7,8	34,0	10,9	141,8	72,1	367,8
TGO 81-9/D3	-	-	-	60,3	20,4	156,0	110,8	-
TGO 81-9/E3	-	18,7	15,2	59,3	19,7	132,3	140,4	-
TGO 81-9/B5	-	16,6	24,1	211,0	23,0	262,5	150,5	774,0
TGO 81-9/D4	-	-	-	48,9	16,8	284,3	187,7	1107,6

Tabel 3.5 - Transversale en longitudinale resistiviteiten voor de litostratigrafische eenheden in  $\Omega m$

	K		a2		s1		a1		Asb-a		We		P2		P1d	
	$\rho_t$	$\rho_l$	$\rho_t$	$\rho_l$	$\rho_t$	$\rho_l$	$\rho_t$	$\rho_l$	$\rho_t$	$\rho_l$	$\rho_t$	$\rho_l$	$\rho_t$	$\rho_l$	$\rho_t$	$\rho_l$
TGO 81-9/A2	20,13	17,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,59	15,57	26,12	23,87
TGO 81-9/A4	-	-	-	-	-	-	8,73	8,11	7,40	7,23	18,13	17,58	21,56	21,51	26,68	28,18
TGO 81-9/A5	-	-	-	-	-	-	4,09	3,94	7,06	6,71	16,78	16,29	18,76	18,69	-	-
TGO 81-9/B4	-	-	-	-	-	-	4,71	4,54	7,39	7,07	19,28	18,58	20,90	20,83	-	-
TGO 81-9/C3	-	-	-	-	7,72	7,29	4,31	4,22	9,05	8,82	15,11	15,05	18,39	18,36	-	-
TGO 81-9/C5	-	-	11,58	11,51	10,47	10,22	4,33	4,25	6,45	6,31	18,00	15,47	20,51	20,33	-	-
TGO 81-9/D2	-	-	-	-	9,75	9,75	4,66	4,46	6,83	6,77	15,75	14,89	16,39	16,36	26,91	22,70
TGO 81-9/D3	-	-	-	-	-	-	4,31	4,50	6,80	6,64	14,4	14,15	18,40	18,39	-	-
TGO 81-9/E3	-	-	12,47	12,19	9,48	9,16	3,98	3,82	6,80	6,58	13,93	13,77	18,48	18,43	-	-
TGO 81-9/B5	-	-	16,60	16,50	16,00	16,06	13,09	13,16	11,50	11,30	25,00	23,45	27,36	27,33	33,65	32,45
TGO 81-9/D4	-	-	-	-	-	-	8,88	8,76	12,92	12,81	25,35	24,52	27,60	27,57	30,59	25,76

Tabel 3.6 -  $S_T$ -waarden voor de lithostratigrafische eenheden  
in  $\frac{1}{\Omega}$

	K	a2	s1	a1	Asb-a	We	P2	P1d
TGO 81-9/A2	0,41	-	-	-	-	-	0,30	1,06
TGO 81-9/A4	-	-	-	0,86	0,42	0,51	0,24	0,34
TGO 81-9/A5	-	-	-	2,94	0,42	0,59	0,34	-
TGO 81-9/B4	-	-	-	3,31	0,43	0,52	0,24	-
TGO 81-9/C3	-	-	0,27	2,99	0,32	0,53	0,34	-
TGO 81-9/C5	-	0,17	0,18	3,25	0,30	0,44	0,27	-
TGO 81-9/D2	-	-	0,08	1,64	0,24	0,60	0,27	-
TGO 81-9/D3	-	-	-	3,46	0,45	0,76	0,33	-
TGO 81-9/E3	-	0,12	0,18	3,87	0,44	0,69	0,41	-
TGO 81-9/B5	-	0,06	0,09	1,21	0,17	0,45	0,20	0,71
TGO 81-9/D4	-	-	-	0,63	0,10	0,46	0,25	1,41

Tabel 3.7 -  $\lambda$ -waarden voor de lithostratigrafische eenheden

	K	a2	s1	a1	Asb-a	We	P2	P1d
TGO 81-9/A2	1,06	-	-	-	-	-	1,00	1,05
TGO 81-9/A4	-	-	-	1,03	1,01	1,01	1,00	1,00
TGO 81-9/A5	-	-	-	1,02	1,03	1,01	1,00	-
TGO 81-9/B4	-	-	-	1,02	1,02	1,02	1,00	-
TGO 81-9/C3	-	-	1,03	1,01	1,01	1,00	1,00	-
TGO 81-9/C5	-	1,00	1,02	1,01	1,01	1,08	1,00	-
TGO 81-9/D2	-	-	1,00	1,02	1,00	1,03	1,00	-
TGO 81-9/D3	-	-	-	1,03	1,01	1,01	1,00	-
TGO 81-9/E3	-	1,01	1,02	1,02	1,03	1,00	1,00	-
TGO 81-9/B5	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,03	1,00	1,02
TGO 81-9/D4	-	-	-	1,00	1,02	1,00	1,00	1,09

de litostratigrafie als basis voor het opdelen van de boring in eenheden. In de tabellen 3.4 tot en met 3.7 zijn deze parameters voorgesteld. Deze resultaten worden verder besproken in hoofdstuk 4.

### 3.3. Waterpassing

#### 3.3.1. Doel

De waterpassing gebeurde om de ligging van de litologische grensvlakken of van de stijghoogte-oppervlakken van het grondwater te bepalen t.o.v. één enkel referentievlak. In deze studie werd het referentievlak van de Tweede Algemene Waterpassing (TAW) van het Rijk aangenomen.

#### 3.3.2. Uitvoering

De waterpassing gebeurde na de afwerking van alle boringen. Er werd gebruik gemaakt van een WILD-NAK 2 toestel en van een meetbaak met aanduiding om de 10 mm. Er is telkens uitgegaan van merktekens van het Nationaal Geografisch Instituut (tabel 2.1) en ter controle werden alle meetkringen gesloten.

De top van de peilbuizen en het maaiveld ter plaatse van de boringen werden gemeten.

Naast de peilbuizen geplaatst in het bestek van deze studie werden ook de oudere peilbuizen, die bruikbaar waren, in de waterpassing opgenomen.

#### 3.3.3. Resultaten

De top van de peilbuizen en het maaiveld ter plaatse van de boringen zijn vermeld in tabel 3.8 tot op 3 cijfers na de komma, in meter TAW.

Naast de hoogtemeting of z-koördinaten, zijn in deze tabel ook de x- en y-koördinaten, in Lambert-koördinaten opgegeven.



Tabel 3.8 - Resultaten waterpassing

Nummer peilbuis	X (Lambert)	Y (Lambert)	Z (in m TAW)	
			Top peilbuis	Maaiveld
A2/F1	84 98	203 01	18,164	18,298
A2/F2	84 96	202 98	17,748	17,917
A3	85 93	202 96	24,250	24,446
A4	86 96	202 01	23,767	23,892
A5/F1	88 09	203 11	24,611	24,781
A5/F2	88 09	203 11	24,602	24,781
B1	84 05	203 92	16,865	17,051
B2	85 13	203 97	18,523	18,687
B3	85 95	204 04	21,272	21,403
B4	86 98	203 90	25,681	25,854
B5-I/F1	87 90	204 22	28,819	28,742
B5-I/F2	87 90	204 22	28,848	28,776
B5-I/F3	87 90	204 22	28,824	28,756
B5-II	87 88	204 16	28,596	28,582
B5-III/F1	87 91	204 26	28,958	28,700
B5-III/F2	87 91	204 26	28,952	28,700
C3	85 86	205 00	24,053	24,148
C5	87 91	205 00	21,131	21,278
D2	84 93	206 04	14,935	15,068
D3	85 99	206 07	17,909	18,036
D4/F1	86 86	205 90	20,801	21,327
D4/F2	86 86	205 90	20,795	21,327
D4/F3	86 86	205 90	20,807	21,327
D4/F4	86 86	205 90	20,783	21,327
E3	86 00	206 95	18,289	18,435
G-DB1	82 62	206 31	16,008	16,438
G-DB3	89 03	203 88	15,359	15,759
G-DB4	88 09	202 10	13,059	13,544
G-DB5	87 64	204 07	29,021	29,266
G-DB6	89 53	202 10	13,194	13,573
G-DB7/F1	87 56	203 12	25,447	-
G-DB7/F2	87 56	203 12	25,409	-
G-DB8/F1	86 56	201 57	11,228	-
G-DB8/F2	86 56	201 57	11,474	-
G-DB9/F1	86 95	202 24	17,872	-
G-DB9/F2	86 95	202 24	17,647	-

Tabel 3.8 - vervolg

Nummer peilbuis	X (Lambert)	Y (Lambert)	Z (in m TAW)	
			Top peilbuis	Maaiveld
G-DB10/F1	87 12	202 54	25,869	-
G-DB10/F2	87 12	202 54	25,755	-
G-DB11	87 60	204 92	23,717	-
G-DB12/F1	86 90	203 05	23,815	-
G-DB12/F2	86 90	203 05	23,776	-
G-DB12/F3	86 90	203 05	23,806	-
G-MB7	84 22	202 85	14,714	14,925
G-MB20	82 94	205 95	12,325	12,747
G-MB21	82 08	202 40	11,294	11,635
G-MB22	85 62	200 83	9,844	10,367
G-MB23	86 93	200 74	9,399	9,743
G-MB24	88 30	200 60	-	ca.8,2

### 3.4. Stijghoogtemetingen

#### 3.4.1. Doel

De stijghoogtemetingen van het grondwater dienden om de seizoenschommelingen en de stroomrichtingen van de watervoerende laag in het Ledo-Paniseliaan te bepalen.

#### 3.4.2. Uitvoering

Het bepalen van de stijghoogte gebeurde door de afstand tussen de top van de peilbuis en het stijghoogteoppervlak af te trekken van het peil van de top van de peilbuis.

De metingen gebeurden met een elektrische peilmeter. Dit vond telkens plaats in het begin van iedere maand. De eerste waarnemingen geschieden vanaf 9 juni 1983 in de reeds beschikbare nieuw geplaatste peilbuizen en in de vroeger geboorde peilbuizen van het Geologisch Instituut. Vanaf 5 januari 1984 werden alle peilbuizen in het meetnet opgenomen. De laatste metingen dateren van begin augustus 1984.

De waarnemingen zijn op band gezet en werden verwerkt met een Tektronix 4051 - tafelrekenmachine.

#### 3.4.3. Resultaten

De stijghoogten zijn weergegeven in tijd-stijghoogtelijnen. Ze zijn opgenomen in bijlage 7 en worden verder besproken in hoofdstuk 5, samen met de hydro-isohypsen.

### 3.5. Pompproef

#### 3.5.1. Doel

Het doel van de pompproef was in de eerste plaats het nauwkeurig bepalen van de geohydrologische parameters van de watervoerende laag in het Ledo-Paniseliaan, en in de tweede plaats een zo goed mogelijke benadering verkrijgen van de parameters van de bovenliggende lagen.

De besproken geohydrologische parameters zijn de hydraulische konduktiviteit of de doorlatendheidscoëfficiënt ( $k$ ), de transmissiviteit ( $S$ ) en de hydraulische weerstand ( $c$ ).

De hydraulische konduktiviteit  $k$  is een maat voor het vermogen van de grond om water door te laten, gelijk te stellen aan de volumestroom door een eenheid van oppervlakte als de stijghoogtegradiënt gelijk is aan één (CHO-TNO, 1982).

De transmissiviteit  $kD$  is een maat voor het vermogen van een watervoerend pakket om water door te laten, gelijk te stellen aan de volumestroom die per breedte-eenheid van het watervoerend pakket en per eenheid van stijghoogtegradiënt door een watervoerende laag stroomt (CHO-TNO, 1982).

De bergingscoëfficiënt  $S$  is het quotiënt van de verandering in specifieke berging en de bijhorende verandering van de stijghoogte. De specifieke berging is het volume water dat aanwezig is boven een nader omschreven referentievlak per eenheid van horizontaal oppervlak (CHO-TNO, 1982). In geval van afgesloten of gedeeltelijk afgesloten water blijft het watervoerend pakket bij stijghoogteverandering volledig met water verzadigd. De bergingscoëfficiënt is dan een functie van de elastische eigenschappen van het watervoerende pakket (elastische bergingscoëfficiënt). In een freatische laag is de bergingscoëfficiënt gelijk aan een fraktie van het poriënvolume.

De verticale hydraulische weerstand  $c$  is een maat voor de weerstand die een bepaalde laag biedt tegen een verticale grondwaterstroming. Deze is te berekenen als het quotiënt van het verschil in stijghoogte boven en onder de

laag en de volumestroomdichtheid voor deze laag. Bij een homogene laag is deze grootte gelijk te stellen aan het quotiënt van laagdikte en doorlatendheid (CHO-TNO, 1982).

### 3.5.2. Uitvoering

De pompproef werd uitgevoerd in de tot pompput uitgebouwde put B5-III/F1, waarvan de kenmerken zijn voorgesteld in punt 3.1.

Een korte proefpomping had plaats op 8/12/83. De eigenlijke pompproef ving aan op 9/12/83. Hierbij werd gebruik gemaakt van de onderwaterpomp STORCK, type SF 5500-M-AG, motor 5 pk, aangedreven door een generator op dieselolie. Het debiet werd ingesteld op ca. 10 m<sup>3</sup>/u. Dit debiet werd gemeten met een elektromagnetische debietmeter EMFLUX, type 148-222, nominale diameter 80 mm. Het verloop van het debiet is opgenomen in bijlage 8.

Het water werd afgevoerd via P.V.C.-rioleringsbuizen naar de riolering, langsheen de startbaan van het vliegveld van Ussel op ca. 75 m afstand en verder naar de Wagenmakersbeek.

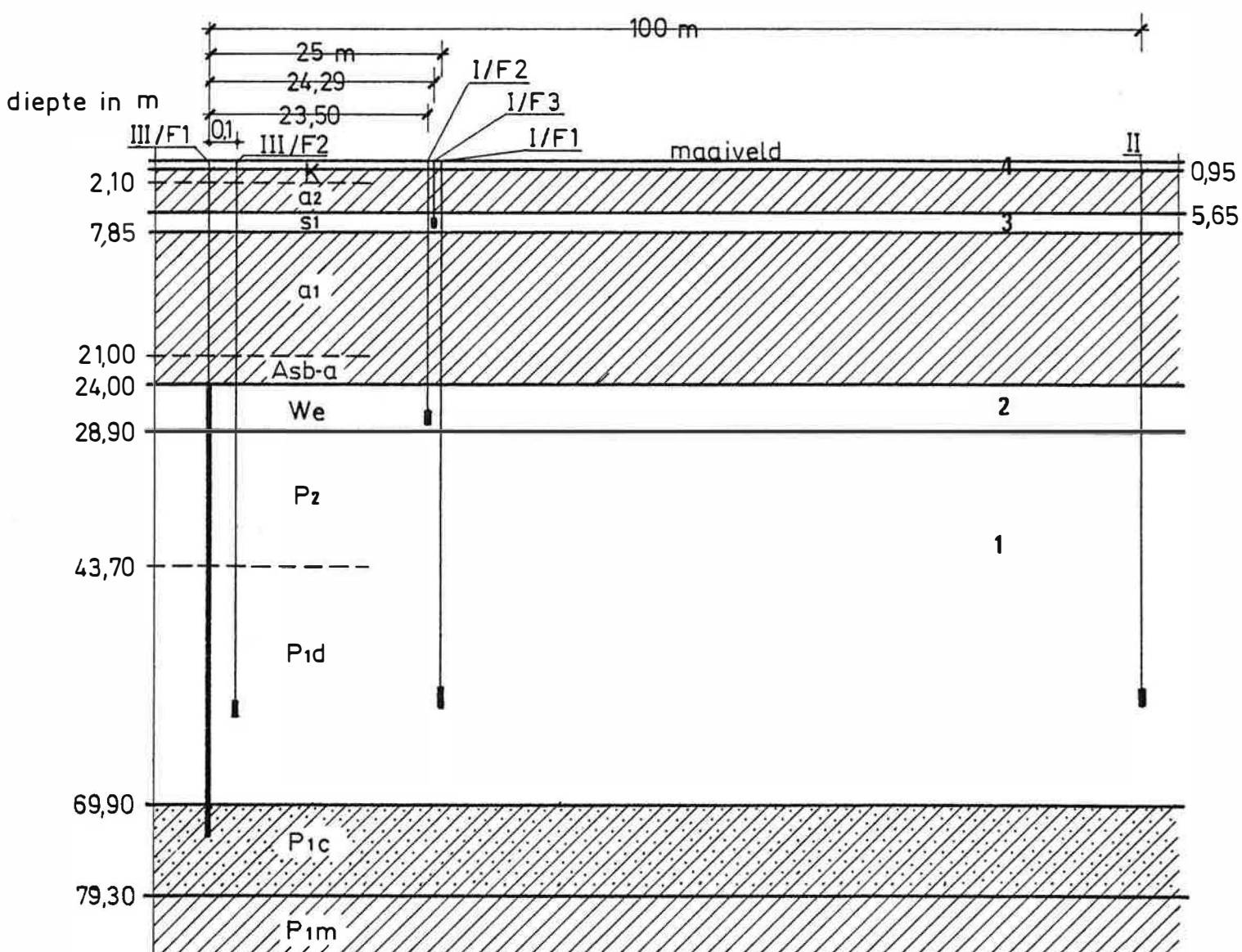
In tabel 3.9 zijn alle peilbuizen opgenomen, waarin de veranderingen tijdens de pompproef werden gevolgd, alsook de filterdiepten en hun afstand tot de pompput.

In de peilbuizen B5-III/F2, B5-I/F1, B5-I/F2 en B5-II, werden de peilmetingen uitgevoerd met behulp van drukopnemers VEGA, type 137.01, met een maximaal bereik van 40 kPa en een nauwkeurigheid van 0,5 %. De peilveranderingen en de tijd, evenals het debiet werden op magneetband geregistreerd en gedrukt via een meet- en registreereenheid MESS & SYSTEMS TECHNIK, Logmaster MDL 1000. Met behulp van een tafelrekenmachine, TEKTRONIX 4051 werden de gegevens verwerkt en uitgerekend. De andere peilbuizen werden met een gewone peilmeter gevolgd.

Tabel 3.9 - Peilbuizen pompproef

Peilbuis nr.	Filterdiepte (in m onder maaiveld)	Afstand tot pompput (m)	Geologische eenheid
B5-III/F1 (pompput)	24 ÷ 73	0	We, P2, P1d, P1c
B5-III/F2	58 - 60	0,10	P1d
B5-I/F2	26,95 - 28,95	23,50	We
B5-I/F3	6 - 7	24,25	s1
B5-I/F1	57 - 59	25	P1d
B5-II	57 - 59	100	P1d
C5	36 - 38	762,50	P2
A5/F1	32,30 - 34,30	1155	P2
A5/F2	16,20 - 18,20	1155	We
E3 (getuigeput)	39,60 - 41,60	3287,50	P2

Fig. 3.2 - Uitbouw peilbuizen



Als referentieput om de natuurlijke variaties te volgen werd de piëzometer E3 uitgekozen, omdat deze op voldoende grote afstand van de pompput gelegen is en een vergelijkbare litologische opbouw met de pompput vertoont, nl. in volgorde K, a2, s1, a1, Asb-a, We en P2.

De verlaging werd gedurende 7 dagen ononderbroken pumping gemeten van 9.12.83 te 11u32 tot 16.12.83 te 11u32. Vanaf dat ogenblik werd de stijging gemeten tot 22.12.83 te 11 u.

### 3.5.3. Resultaten

In bijlage 8 zijn het verloop van het debiet, de verlagingskurven op semi- en bilogarithmisch papier en de stijgkurven op semi-logarithmisch papier van de gevolgde putten opgenomen. Naast de gemeten waarden, die door een volle lijn verbonden zijn, werden voor de verlagingskurven ook de verbeterde waarden, door vergelijking met de referentieput E3, met punten aangeduid.

Uit de referentieput blijkt dat gedurende de ganse periode van de pompproef een lichte stijging van het piëzometrisch oppervlak te noteren viel.

Uit de meetkurve blijkt dat het debiet na ca. 260 minuten 10 m<sup>3</sup>/u overschreden heeft, maar dat het daarna op enkele kleine variaties na, nagenoeg konstant gebleven is. Voor de ganse duur van de pumping kan men een gemiddeld debiet van 9,93 m<sup>3</sup>/u aannemen.

De meetgegevens van de met een peilmeter gevolgde peilbuis in de niet-aangepompte s1-laag (B5-I/F3) werden in bijlage 8 in tabelvorm opgenomen. Ze vertonen geen meetbare verlaging tijdens de duur van de pompproef.

De peilbuizen C5, A5/F1 en A5/F2 in de aangepompte lagen op grotere afstand van de pompput gelegen werden diskontinu met de hand gepeild. Er zijn onvoldoende metingen voor een betrouwbare bepaling van de hydraulische parameters. Het was enkel de bedoeling een eventuele invloed van de pompproef op te sporen. Men stelt vast dat in de peilbuis C5, na verbetering

met de gegevens van peilbuis E3, het peil ca. 0,25 m verlaagd is na 7 dagen pompen, en dit op een afstand van 762,50 m. In de peilbuis A5/F1 stelt men een verlaging van ca. 0,05 m na 7 dagen pompen vast, op een afstand van 1155 m en in de peilbuis A5/F2 een verlaging van ca. 0,11 m op dezelfde afstand, maar in de ondieper gelegen Wemmeliaanlaag. De maximale verlaging was nog niet bereikt. De peilbuis A5/F2 reageert sneller dan de peilbuis A5/F1.

De piëzometer B5-III/F2, naast de pompput, vertoont een maximale afpompings van ca. 8,80 m; dit blijkt nagenoeg een evenwichtstoestand te zijn. De verhouding Q/s of specifieke capaciteit bedraagt bijgevolg  $9,93 \text{ m}^3/\text{u}$  bij 8,80 m verlaging of  $1,13 \text{ m}^3/\text{u}$  per meter verlaging.

De peilbuizen B5-I/F1, B5-I/F2 en B5-II respectievelijk op 25 m, 23,50 m en 100 m afstand, tenslotte, werden met drukopnemers gevolgd. De maximale verlaging na 7 dagen pompen bedraagt respectievelijk : 1,48 m, 1,56 m (in de ondieper Wemmeliaanlaag) en 0,89 m.

De hydraulische parameters werden bepaald door interpretatie van de pompproefgegevens van de peilbuizen B5-I/F1, B5-I/F2 en B5-II, volgens de methoden beschreven door G.P. KRUSEMAN en N.A. DE RIDDER (1976). De alzo berekende parameters werden daarna getoetst aan het simulatiemodel van L. LEBBE (1983).

Voor een goed begrip werd op fig. 3.2 de uitbouw van de peilbuizen schematisch voorgesteld. Naast de indeling in geologische eenheden, aangeduid door de respectievelijke symbolen, werden de hydrogeologische watervoerende eenheden gemerkt met een cijfer. De Wemmeliaanlaag werd hierbij afzonderlijk van de Ledo-Paniseliaanlaag beschouwd wegens haar kleihoudend karakter en het feit dat de peilbuizen hierin anders reageren. Alzo bekomt men een vierlagig model.

De aangepompte lagen zijn artesisch watervoerende lagen zoals blijkt uit de algemene vorm van de bilogarithmische tijd-verlagingskurven en het feit dat de a1-klei als ondoorlatend mag worden beschouwd. Bovendien wijst ook het gedrag van peilbuis B5-I/F3 hierop.



Met de interpretatiemethodes van THEIS, CHOW en DE GLEE voor een artesisch watervoerende laag werden de hydraulische parameters van de aangepompte laag berekend. Bij deze interpretatie werd aangenomen dat het grootste deel van het debiet afkomstig was uit de laag 1, dit is het Ledo-Paniseliaan. Men kan immers stellen als  $Q(\text{tot}) = Q(1) + Q(2)$  en  $kD(\text{tot}) = kD(1) + kD(2)$  dat  $\frac{Q(\text{tot})}{kD(\text{tot})} = \frac{Q(1)}{kD(1)} + \frac{Q(2)}{kD(2)}$  en als  $kD(1) \gg kD(2)$  dat  $Q(\text{tot}) \approx Q(1)$ .

De resultaten van de interpretatiemethoden van THEIS en CHOW zijn respectievelijk in tabel 3.10 en 3.11 opgenomen. Het gemiddelde afgeleid uit beide methoden geeft de volgende waarden :  $KD(tot) = 97,80 \text{ m}^2/\text{dag}$  en  $S(tot) = 10,80 \cdot 10^{-4}$ .

Tabel 3.10 - Hydraulische parameters volgens de methode van THEIS ( $Q = 9,93 \text{ m}^3/\text{dag}$ )

Peilbuis (nr.)	r (m)	w(u)	1/u	s (m)	t (min.)	kD (m <sup>2</sup> /dag)	S
B5-I/F1	25	10°	200	0,188	418	100,9	$9,37 \cdot 10^{-4}$
B5-I/F2	23,50	10°	100	0,248	450	76,50	$17,16 \cdot 10^{-4}$
B5-II	100	10°	100	0,169	2500	112,2	$7,79 \cdot 10^{-4}$
$\overline{kD} = 96,53$							$\overline{S} = 11,44 \cdot 10^{-4}$

Tabel 3.11 - Hydraulische parameters volgens de methode van CHOW ( $Q = 9,93 \text{ m}^3/\text{u}$ )

[illegible]

In de veronderstelling dat alleen laag 1 met een dikte van 41 m het debiet levert, bedraagt de doorlatendheidskoëfficiënt  $k(1) = 2,39$  m/dag en de elastische bergingskoëfficiënt  $S'A(1) = 2,63 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ . Deze beide waarden liggen echter te hoog omdat ook laag 2 gedeeltelijk een bijdrage levert. Na het inbrengen van deze gegevens in het simulatiemodel van L.LEBBE (1983) blijkt inderdaad dat deze waarden als volgt dienen aangepast :

$$k(1) : 2,20 \text{ m/d}$$

$$S'A(a) : 2,32 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1}$$

Voor het bepalen van de hydraulische weerstand  $c$  van de bovenliggende lagen werd de methode van DE GLEE aangewend. Hierbij worden de maximale verlagingen na 7 dagen pompen voor elke put uitgezet t.o.v. de afstand tot de pompput. Rekeninghoudend met de maximale verlaging van de peilbuizen B5-I/F1, B5-II en C5 levert deze methode de volgende waarden : een hydraulische weerstand  $c$  van 10423 dagen en een transmissiviteit  $kD$  van  $99,81 \text{ m}^2/\text{d}$ . Enkel rekeninghoudend met B5-I/F1 en B5-II bekomt men een  $kD = 111 \text{ m}^2/\text{d}$  en een  $c = 14.000 \text{ d}$ .

De hydraulische parameters van al de andere lagen in dit vierlagig model die bij simulatie de beste resultaten opleverden zijn voorgesteld in fig. 3.4. De aldus bekomen tijd-verlagings- en afstand-verlagingskurven zijn voorgesteld in fig. 3.3.

Deze resultaten worden verder besproken in hoofdstuk 4.

Fig. 3.3 - Tijd-verlagings- en afstand-verlagingskurven voor de 4 watervoerende lagen

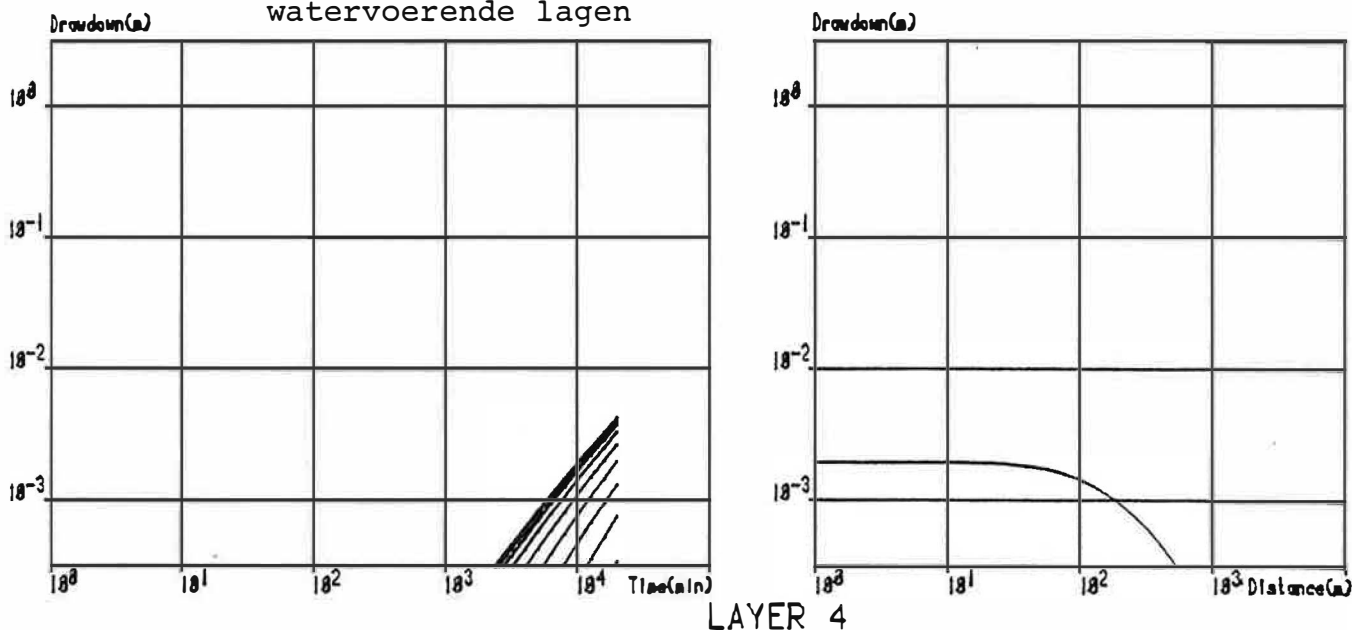
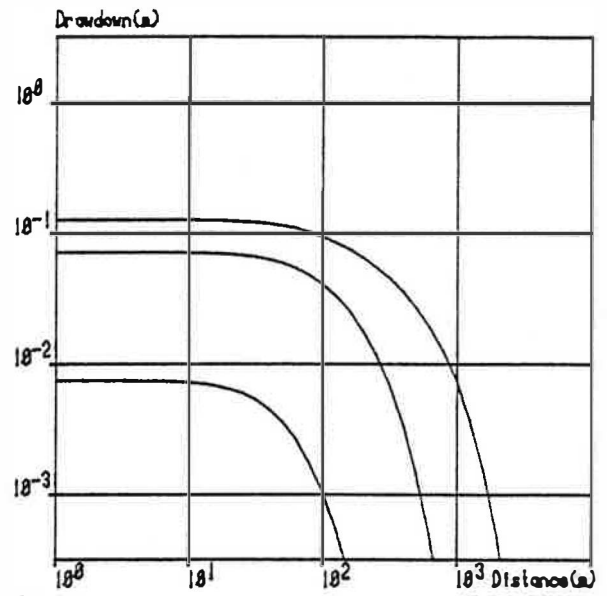
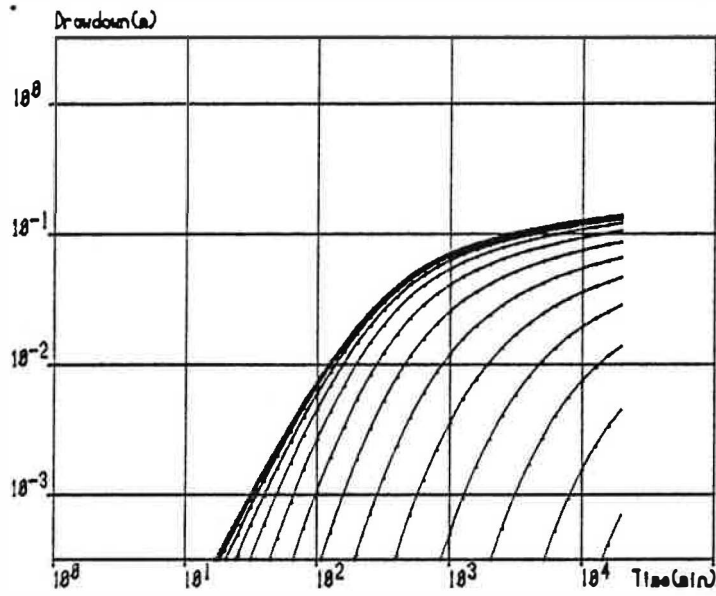
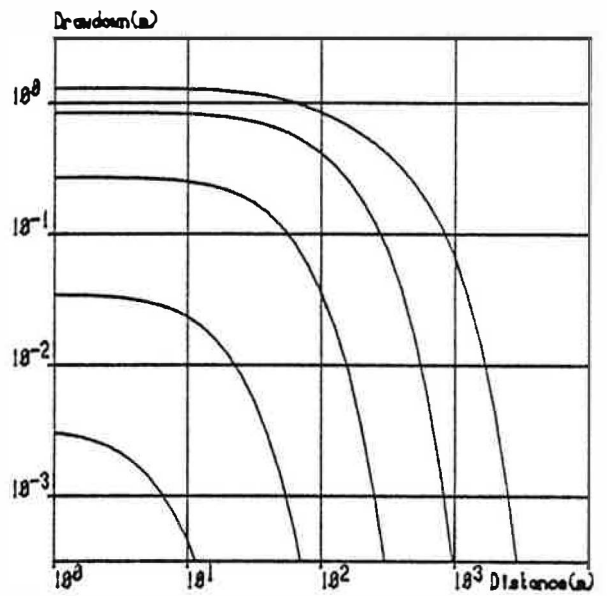
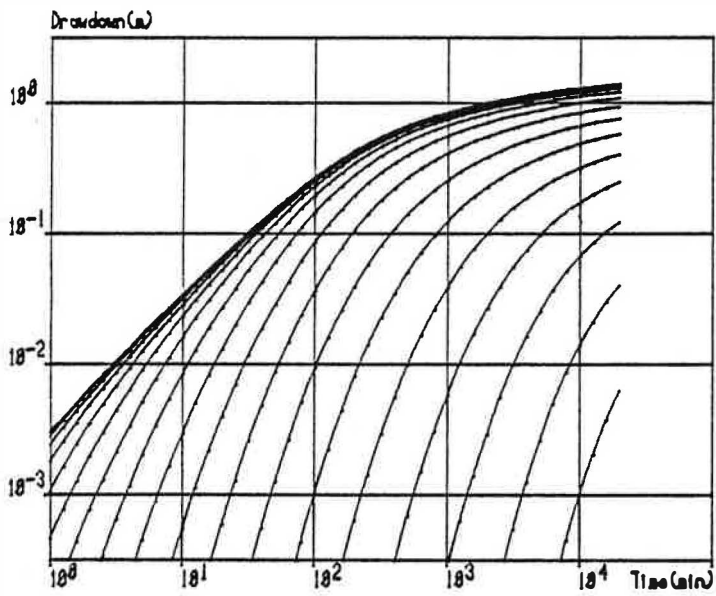


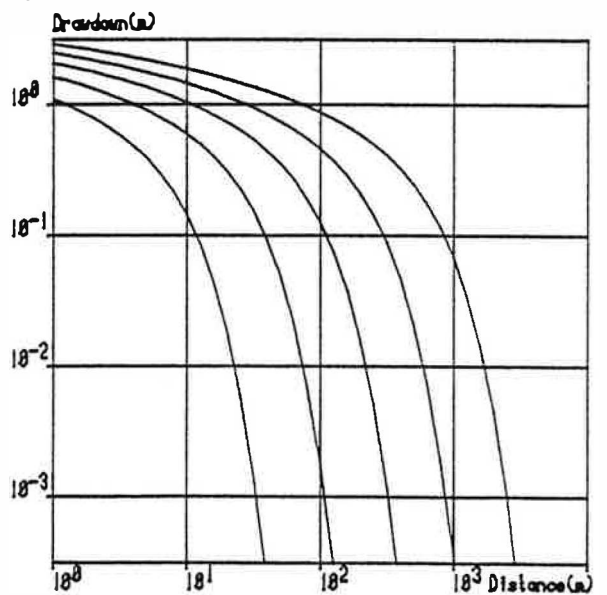
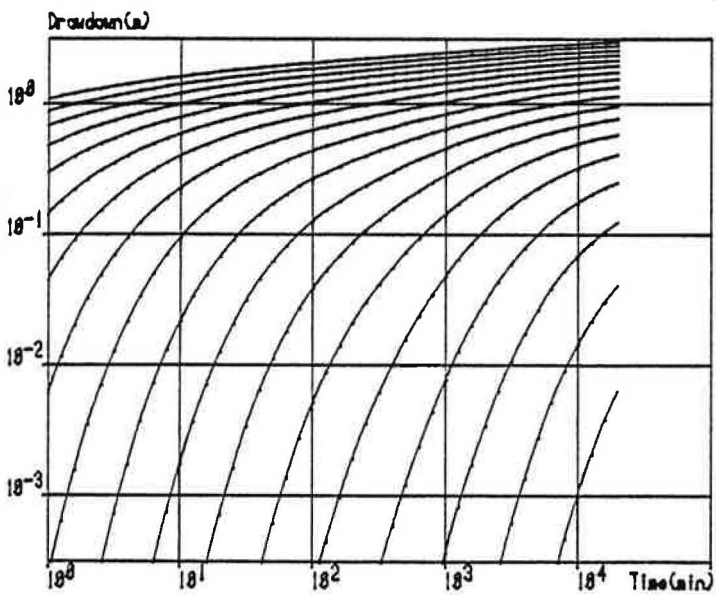
Fig. 3.3 - vervolg



LAYER 3



LAYER 2



LAYER 1

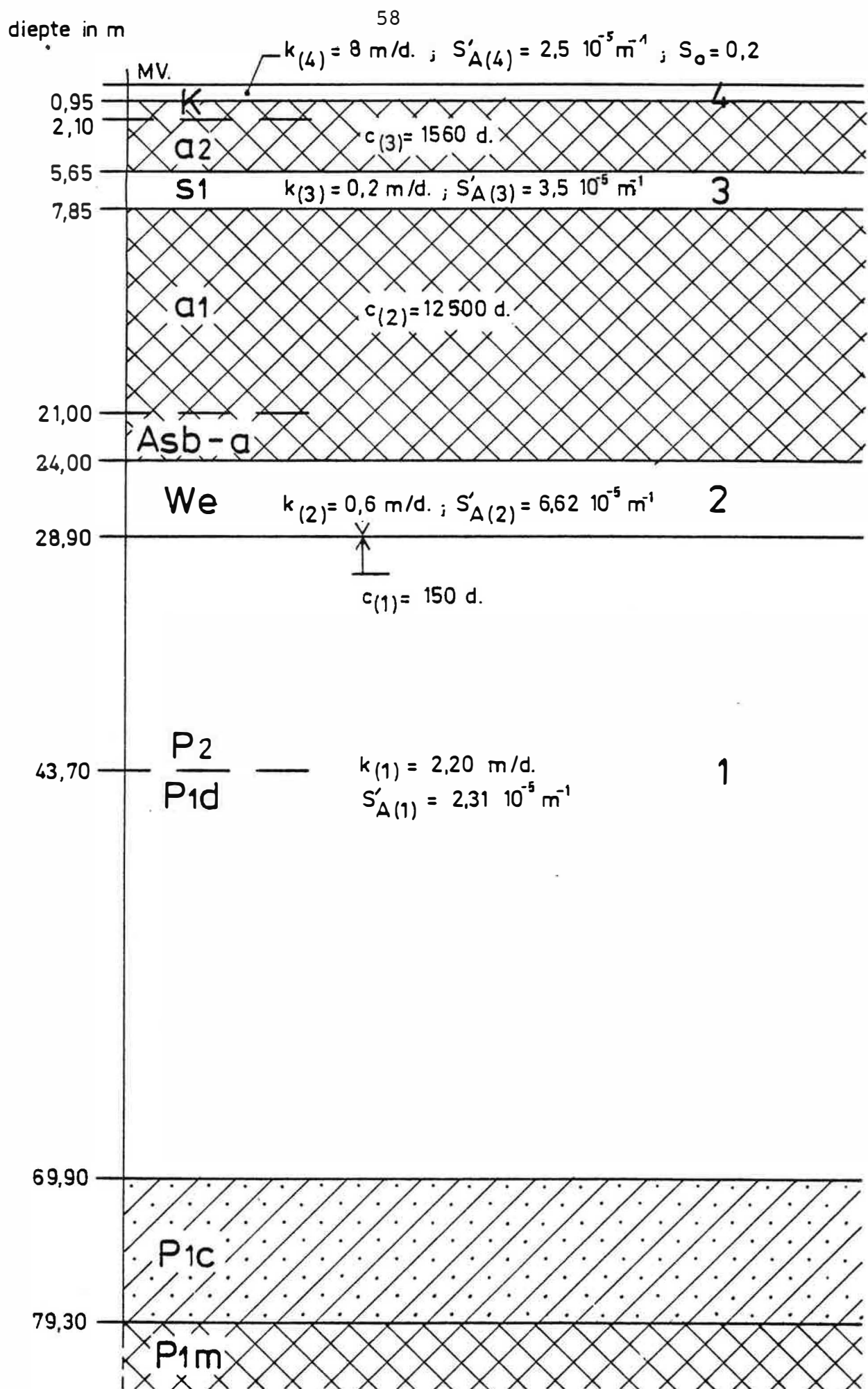


Fig. 3.4 : Hydraulische parameters vierlagig model

### 3.6. Grondwaterbemonstering en -analyse

#### 3.6.1. Doel

De analyse van grondwatermonsters werd uitgevoerd om een overzicht te krijgen van de grondwaterkwaliteit binnen een korte tijdspanne.

#### 3.6.2. Uitvoering

De grondwatermonsters werden genomen in de peilbuizen, die in het bestek van het projekt geplaatst werden, uit de vroegere peilbuizen van het Geologisch Instituut en uit de peilbuizen van partikulieren, zowel binnen als in de omgeving van het studiegebied, maar steeds uit de Wemmeliaan-, de Ledo-Paniseliaan- en zelfs de Ieperiaanlaag. Een overzicht van de bemonsterde peilbuizen is gegeven in tabel 3.12, gerangschikt naar de y Lambert-koördinaat. Vooraf werden de peilbuizen grondig gereinigd met behulp van een compressor.

Een eerste monster werd genomen met een elektrische pomp, merk STORCK, type SF 5500-M-AG, tijdens de proefpomp op pompput B5-III/F1 na circa 1 uur pompen. Een tweede monster werd op dezelfde put genomen tijdens de pompproef na circa 96 uur pompen.

In januari 1984 werden met een DELASCO draaiperspomp, met een debiet van ca. 1 m<sup>3</sup>/u via plastieken zuigleidingen, 8 monsters genomen op de volgende putten :

- binnen het studiegebied : A2/F1, B1, D2;
- in de nabijheid van het studiegebied : G-MB 7, G-MB 22, G-MB 24, G-DB4 en een private put te Maldegem (Archief Belg. Geol. Dienst, kbl. 24W/Boring nr. 68).

Op deze eerste reeks van 10 monsters werd ter plaatse de luchttemperatuur, de watertemperatuur, de redoxpotentiaal, de zuurtegraad, de opgeloste zuurstof en de geleidbaarheid bepaald. In het laboratorium werden totaalanalysen uitgevoerd : de hoeveelheid bezinkbare stoffen, agressief CO<sub>2</sub> (titrimetrisch), de alkaliteit t.o.v. fenolftaleïne en methylooranje, de hoeveelheid SiO<sub>2</sub>, de verdampings- en verassingsrest, de hoeveelheid

Tabel 3.12 - Overzicht grondwaterbemonstering

Nummer	x	y	Datum	Diepte (m ÷ m.v.)	Geologische eenheid	Totaal analyse
Priv.put BGD24W/68	85 01	211 28	10.1.84	26	We/P2	x
E3	86 00	206 95	24.8.84	39,6-41,6	P2	
D3	85 99	206 07	24.8.84	39,3-41,3	P2	
D2	84 93	206 04	17.1.84	39,5-41,5	P1d	x
	84 93	206 04	31.8.84	39,5-41,5	P1d	
D4/F1	86 86	205 90	23.8.84	84-94	Yd	
D4/F3	86 86	205 90	23.8.84	28-70	We/P2/P1d	
C5	87 91	205 00	28.8.84	36-38	P2	
G-DB11	87 60	204 92	3.9.84	52-54	P1d	
Priv.put BGD39E/67	90 97	204 80	14.2.84	30	P2	x
B5-III/F1	87 91	204 26	8.12.83	24-73	We/P2/P1d/ P1c	x
B5-III/F1	87 91	204 26	13.12.83	24-73	We/P2/P1d/ P1c	x
B5-III/F1	87 91	204 26	6.9.84	24-73	We/P2/P1d/ P1c	
B5-I/F1	87 90	204 22	7.9.84	57-59	P1d	
B5-I/F2	87 90	204 22	7.9.84	27-29	We	
B5-II	87 88	204 16	6.9.84	57-59	P1d	
B1	84 05	203 92	10.1.84	7-9	We/P2	x
G-DB7/F1	87 56	203 12	5.9.84	40,2-42,2	P1d	
G-DB7/F2	87 56	203 12	5.9.84	21,8-23,8	P2	
A5/F1	88 09	203 11	28.8.84	32,3-34,3	P2	
A5/F2	88 09	203 11	5.9.84	16,2-18,2	We	
G-DB12/F1	86 90	203 05	3.9.84	52-54	P1d	
G-DB12/F2	86 90	203 05	29.8.84	19,1-21,1	P2	
G-DB12/F3	86 90	203 05	3.9.84	6,7-8,7	K	
A2/F1	84 98	203 01	10.1.84	30-32	P1d	x
A2/F2	84 96	202 98	14.6.84	8,5-10,5	K	x
G-MB7	84 22	202 85	10.1.84	8,5-9,5	P2	x
G-DB10/F1	87 12	202 54	4.9.84	51,5-53,5	P1d	
G-DB10/F2	87 12	202 54	4.9.84	15,5-17,5	We	

Tabel 3.12 - vervolg

Nummer	x	y	Datum	Diepte (m ÷ m.v.)	Geologische eenheid	Totaal analyse
G-DB9/F1	86 95	202 24	31.8.84	43,7-45,7	P1d	
G-DB9/F2	86 95	202 24	31.8.84	8,9-10,9	We	
G-DB4	88 09	202 10	9.1.84	24-25	P1d	x
G-DB4	88 09	202 10	14.6.84	24-25	P1d	x
A4	86 96	202 01	29.8.84	36,65-38,65	P1d	
G-DB8/F1	86 56	201 57	30.8.84	29-31	P1d	
G-DB8/F2	86 56	201 57	30.8.84	4-6	P2	
G-MB22	85 62	200 83	9.1.84	12	P1d	x
G-MB23	86 93	200 74	14.6.84	13,8-14,8	P1d	x
G-MB24	88 30	200 60	9.1.84	13,9	P1d	x

zwevende stoffen, de kleur en het calcinatiEVERLIES, de totale en blijvende hardheid (titrimetrisch) en de volgende ionen werden hierbij bepaald :

- de kationen :  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+/3+}$  en  $\text{Mn}^{2+}$  door atomaire absorptie,  $\text{Ca}^{2+}$  titrimetrisch en  $\text{NH}_4^+$  colorimetrisch
- de anionen :  $\text{Cl}^-$  met chloridometer,  $\text{SO}_4^{2-}$  gravimetrisch,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  en  $\text{PO}_4^{3-}$  colorimetrisch,  $\text{HCO}_3^-$  en  $\text{CO}_3^{2-}$  titrimetrisch.

Een tweede reeks monsters werd met een DELASCO-pomp genomen in de periode van februari tot juni 1984 :

- binnen het studiegebied : A2/F2
- in de nabijheid van het studiegebied : G-MB 23, G-DB4, en de private put te Oostwinkel (Archief Belg. Geol. Dienst, kbl. 39E/Boring nr. 67).

Ook op deze putten werd een totaalanalyse uitgevoerd.

Tot slot werd een derde reeks monsters genomen met behulp van een pneumatische onderwaterpomp, merk SEBA, met een diameter van 45 mm, aangedreven door een compressor, waarbij

lucht- en watercircuit volkomen gescheiden zijn. Een dergelijke apparatuur was vereist omdat het waterpeil in de peilbuizen veel te diep stond. Deze derde reeks monsters werd genomen in de loop van augustus en september 1984 :

- binnen het studiegebied op volgende putten : A4, A5/F1 en F2, B5-I/F1 en F2, B5-II, B5-III/F1 en F2, C5, D2, D3, D4/F1 en F3, E3, G-DB7/F1 en F2, G-DB11, G-DB12/F1, F2 en F3.
- in de nabijheid van het studiegebied : G-DB8/F1 en F2, G-DB9/F1 en F2, G-DB10/F1 en F2.

Op deze reeks werd geen totaalanalyse uitgevoerd daar het budget hiervoor reeds ver overtroffen was. Nochtans werd een vrij volledige analyse uitgevoerd, waarbij naast de ionenbalans en alle veldwaarnemingen ook agressief  $\text{CO}_2$ , de alkaliteit en de totale hardheid werden bepaald.

### 3.6.3. Resultaten

In bijlage 9 zijn al de grondwateranalyses opgenomen, gerangschikt naar de datum van de monstername.

In hoofdstuk 6, hydrochemie, worden de veldwaarnemingen en totaalanalyses verder besproken.

## 3.7. Grondmonsteronderzoek

### 3.7.1. Doel

Het onderzoek van ongeroerde grondmonsters had tot doel de hydrolitostratigrafische bouw van het studiegebied nader vast te stellen.

### 3.7.2. Uitvoering

In het totaal werden 56 ongeroerde monsters gekozen uit verschillende litostratigrafische eenheden, die in de twee gestoken boringen B5(I,II,III) en D4 werden aangeboord. In tabel 3.13 is een overzicht van de uitgezochte monsters gegeven. Deze 56 monsters werden onderzocht op hun granulometrie, hun kalkgehalte, hun gehalte aan organisch materiaal en hun glaukonietgehalte.



Tabel 3.13 - Overzicht grondmonsteronderzoek

Nummer monster	Diepte in m van-tot	Geologische eenheid
1	0,40 - 0,50	K
2	4,50 - 4,60	a2
3	6,30 - 6,40	s1
4	7,20 - 7,30	s1
5	14,50 - 14,60	a1
6	22,70 - 22,80	Asb-a
7	23,40 - 23,50	Asb-a
8	24,40 - 24,50	We
9	25,40 - 25,50	We
10	26,80 - 26,90	We
11	27,60 - 27,70	We
12	28,70 - 28,80	We
13	32,30 - 32,40	P2
14	35,30 - 35,40	P2
15	37,55 - 37,65	P2
16	38,20 - 38,30	P2
17	39,60 - 39,70	P2
18	40,70 - 40,80	P2
19	41,60 - 41,70	P2
20	42,40 - 42,50	P2
21	44,20 - 44,30	P1d
22	45,70 - 45,80	P1d
23	46,90 - 47,00	P1d
24	49,80 - 49,90	P1d
25	51,10 - 51,20	P1d
26	52,60 - 52,70	P1d
27	53,40 - 53,50	P1d
28	54,40 - 54,50	P1d
29	56,10 - 56,20	P1d
30	57,30 - 57,40	P1d
31	58,40 - 58,50	P1d
32	59,30 - 59,40	P1d
33	60,40 - 60,50	P1d
34	61,20 - 61,30	P1d

Tabel 3.13 - vervolg

Nummer monster	Diepte in m van-tot	Geologisch eenheid
35	62,40 - 62,50	P1d
36	63,40 - 63,50	P1d
37	64,50 - 64,60	P1d
38	65,40 - 65,50	P1d
39	66,50 - 66,60	P1d
40	67,50 - 67,60	P1d
41	68,40 - 68,50	P1d
42	69,30 - 69,40	P1d
43	70,40 - 70,50	P1c
44	71,40 - 71,50	P1c
45	72,40 - 72,50	P1c
46	73,60 - 73,70	P1c
47	75,60 - 75,70	P1c
48	76,60 - 76,70	P1c
49	77,40 - 77,50	P1c
50	78,50 - 78,60	P1c
51	81,50 - 81,60	P1m
52	84,40 - 84,50	Yd
53	92,30 - 92,40	Yd
54	94,20 - 94,30	Yd
55	99,20 - 99,30	Yc
56	100,40 - 100,50	Yc

De korrelverdeling werd bepaald op monsters zonder verwijdering van kalk of organisch materiaal. De monsters werden eerst luchtdroog gemaakt en daarna in een mortier fijngezeven om aggregaten van leem of klei te verwijderen. De fraktie groter dan 2 mm werd met een zeef afgescheiden en het gewichtsprocent grint ten opzichte van het totale monster werd bepaald. Daarna werd 50 g van het monster afgewogen en door natte zeping de klei- en leemfraktie afgescheiden. Met de pipetmethode van KÖHN, die gesteund is op de wet van STOKES, werd de klei- en leemfraktie opgesplitst in de frakties 50-20, 20-10, 10-2 en kleiner dan 2 µm. De gedroogde zandfraktie (2 mm > zand > 50 µm)

werd verdeeld door ze in een mechanisch schudtoestel op een reeks genormaliseerde TYLER-zeven te brengen.

Het kalkgehalte werd volumetrisch bepaald met een calcimeter en steunt op de reactie :  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ . De hoeveelheid  $\text{CO}_2$ , die recht evenredig is met de aanwezige  $\text{CaCO}_3$ , wordt hierbij gedoseerd.

Voor de bepaling van het gehalte aan organisch materiaal werd de methode van WALKLEY en BLACK angewend. Na oxidatie van de koolstof door  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  in zuur milieu titreert men de overmaat oxidans met  $\text{FeSO}_4$ .

De afscheiding van het glaukoniet gebeurde met een magnetische separator. De stroomintensiteit bedroeg 1A, terwijl de voorwaartse en zijdelingse helling van de magneet respectievelijk  $25^\circ$  en  $15^\circ$  bedroeg.

### 3.7.3. Resultaten

De resultaten van het grondmonsteronderzoek werden in bijlage 10 opgenomen. Van elk monster werden de belangrijkste frakties, volgens de schaal van WENTWORTH bepaald : grint ( $>2000 \mu\text{m}$ ), zand (tussen  $2000$  en  $50 \mu\text{m}$  en tussen  $2000$  en  $63 \mu\text{m}$ ); leem (tussen  $50$  en  $2 \mu\text{m}$  en tussen  $63$  en  $2 \mu\text{m}$ ) en klei ( $<2 \text{ m}$ ). Het zand werd verdeeld in zeer grof zand (tussen  $2000$  en  $1000 \mu\text{m}$ ), grof zand (tussen  $2000$  en  $1000 \mu\text{m}$ ), middelmatig zand (tussen  $500$  en  $250 \mu\text{m}$ ), fijn zand (tussen  $250$  en  $125 \mu\text{m}$ ) en zeer fijn zand (tussen  $125$  en  $50$  en tussen  $125$  en  $63 \mu\text{m}$ ).

Er werden ook een aantal karakteristieke grootheden van de korrelverdeling bepaald : de actieve korreldiameter  $d_{10}$ , de mediaan  $d_{50}$ ,  $d_{60}$  en  $d_{90}$ . Deze wijzen op de korreldiameters beneden dewelke het fijner materiaal respectievelijk 10, 50, 60 en 90 gewichtsprocent bedraagt.

De specifieke oppervlakte U werd berekend als de verhouding tussen de totale oppervlakte van de korrels van een bepaalde hoeveelheid sediment en de oppervlakte van een zelfde hoeveelheid sferen met een diameter van 1 cm van hetzelfde sediment.

De gelijkvormigheidsgraad, die de verhouding tussen  $d_{10}$  en  $d_{60}$  weergeeft, is een maat voor de sortering van het sediment.

De volgende statistische parameters volgens FOLK en WARD (1957) werden eveneens bepaald :

- grafisch gemiddelde :

$$M_z = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} + \Phi_{50}}{3}$$

- globale grafische standaardafwijking :

$$\sigma_I = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6,6}$$

- globale grafische scheefheid of asymmetrie :

$$Sk_I = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)}$$

- grafische kurtosis of steilte :

$$K_G = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2,44(\Phi_{75} - \Phi_{25})}$$

Hierin zijn  $\Phi_5$ ,  $\Phi_{16}$ ,  $\Phi_{25}$ ,  $\Phi_{50}$ ,  $\Phi_{75}$  en  $\Phi_{95}$  de  $\Phi$ -waarden ( $\Phi = -\log_2$  korreldiameter in mm), die overeenstemmen met respectievelijk 5, 16, 25, 50, 75 en 95 % op de ordinaat van de kumulatieve kurve.

Aan de hand van de granulometrische analyses kan men een benadering geven van de doorlatendheidscoëfficiënten. Dit gebeurde volgens twee methoden, namelijk volgens HAZEN en ERNST.

De permeabiliteit volgens HAZEN wordt gegeven door :

$$k = C d_{10}^2 (0,7 + 0,03 t)$$

waarbij  $t$  = temperatuur in  $^{\circ}\text{C}$

$d_{10}$  = de actieve korreldiameter in cm

$C$  = een konstante in  $\text{cm}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1}$

$k$  = permeabiliteit in cm/sec

Naar analogie met vroeger uitgevoerde studies (W. DE BREUCK & L. LEBBE, 1979) werd aan C de waarde 77 toegekend.

De permeabiliteit volgens ERNST wordt berekend als volgt :

$$k = 27.000 U^{-2} . A . B . C .$$

waarin U = specifieke oppervlakte

A = korrektiefactor voor de sortering van het zand

B = korrektiefactor voor de aanwezigheid van korrels <16  $\mu\text{m}$

C = korrektiefactor voor de aanwezigheid van grint

k = permeabiliteit in m/dag.

#### 4. HYDROLITOSTRATIGRAFIE

##### 4.1. Algemeen

Aan de hand van de resultaten van de verzamelde gegevens en van de aanvullende proeven werden de hydrolitostratigrafische kenmerken en de uitbreiding van de watervoerende, de slecht-doorlatende en de nagenoeg ondoorlatende lagen in het studiegebied, tot aan de basis van het Ledo-Paniseliaan, alsook dan het bovenste deel van het Ieperiaan, bepaald.

De uitbreiding van de lagen is voorgesteld op platen, de kenmerken zijn per laag opgenomen in tabellen. In deze laatste zijn de minimum- en maximumwaarde, het gemiddelde en de standaarddeviatie van de belangrijkste granulometrische kenmerken en van het humus-, kalk- en glaukonietgehalte, van de belangrijkste elektrische kenmerken en van de belangrijkste geohydrologische kenmerken bepaald. De granulometrische analyses zijn bovendien op kumulatieve kurven voorgesteld. Op de bespreking van elke laag afzonderlijk, volgt een samenvatting van de kenmerken en de uitbreiding onder de vorm van litologische en hydrolitologische profielen, een kaart van de geologie en de hydrogeologische zonering en van de geologische en hydrogeologische bouw.

##### 4.2. De watervoerende tot slecht-doorlatende laag van het Kwartair

Deze laag is zeer heterogeen van samenstelling, van grinthoudend middelmatig zand tot plastische klei, en heeft een overwegend leem- tot kleihoudend karakter. Op plaat 8 is de basis van het Kwartair of de top van het Tertiair in het studiegebied voorgesteld.

De dikte wisselt van enkele decimeters tot enkele meters. Op plaat 9 zijn de isopachen van het Kwartair aangegeven.

Wegens het heterogene karakter is het niet mogelijk een gemiddelde waarde van die korrelgrootte op te geven. In tabel 4.1 zijn enkel de kenmerken van het kwartaire grondmonster opgenomen dat in deze studie werd onderzocht. In fig. 4.1 is de kumulatieve curve ervan weergegeven.

Tabel 4.1 - Kenmerken van de watervoerende tot slecht-doorlatende laag van het Kwartair

Parameter <sup>(1)</sup>	Eenheid	$\bar{x}$ <sup>(2)</sup>	s <sup>(3)</sup>	Min.	Max.	N <sup>(4)</sup>	Opm.
F>IV	%	1,62	-	-	-	1	
FIV	%	61,46	-	-	-	1	
FIII	%	23,24	-	-	-	1	
FII	%	12,56	-	-	-	1	
FI	%	2,74	-	-	-	1	
FI+II	%	15,30	-	-	-	1	
d <sub>50</sub>	μm	279	-	-	-	1	
Humus	%	3,48	-	-	-	1	
Kalk	%	0,09	-	-	-	1	
Glaukoniet	%	0,1	-	-	-	1	
T	Ωm <sup>2</sup>	146,9	-	-	-	1	
ρ <sub>t</sub>	Ωm	20,13	-	-	-	1	
ρ <sub>l</sub>	Ωm	17,90	-	-	-	1	
S <sub>T</sub>	1/Ω	0,41	-	-	-	1	
λ	-	1,06	-	-	-	1	
k korrelverd. HAZEN	m/d	1,85	-	-	-	1	
k korrelverd. ERNST	m/d	2,43	-	-	-	1	
k bemalingsproef	m/d	8	-	-	-	1	
kD met k <sub>HAZEN</sub>	m <sup>2</sup> /d	1,76	-	-	-	1	(5)
kD met k <sub>ERNST</sub>	m <sup>2</sup> /d	2,31	-	-	-	1	(5)
kD bemalingsproef	m <sup>2</sup> /d	7,60	-	-	-	1	(5)
S bemalingsproef	-	2,38.10 <sup>-5</sup>	-	-	-	-	
c bemalingsproef	d	-	-	-	-	-	

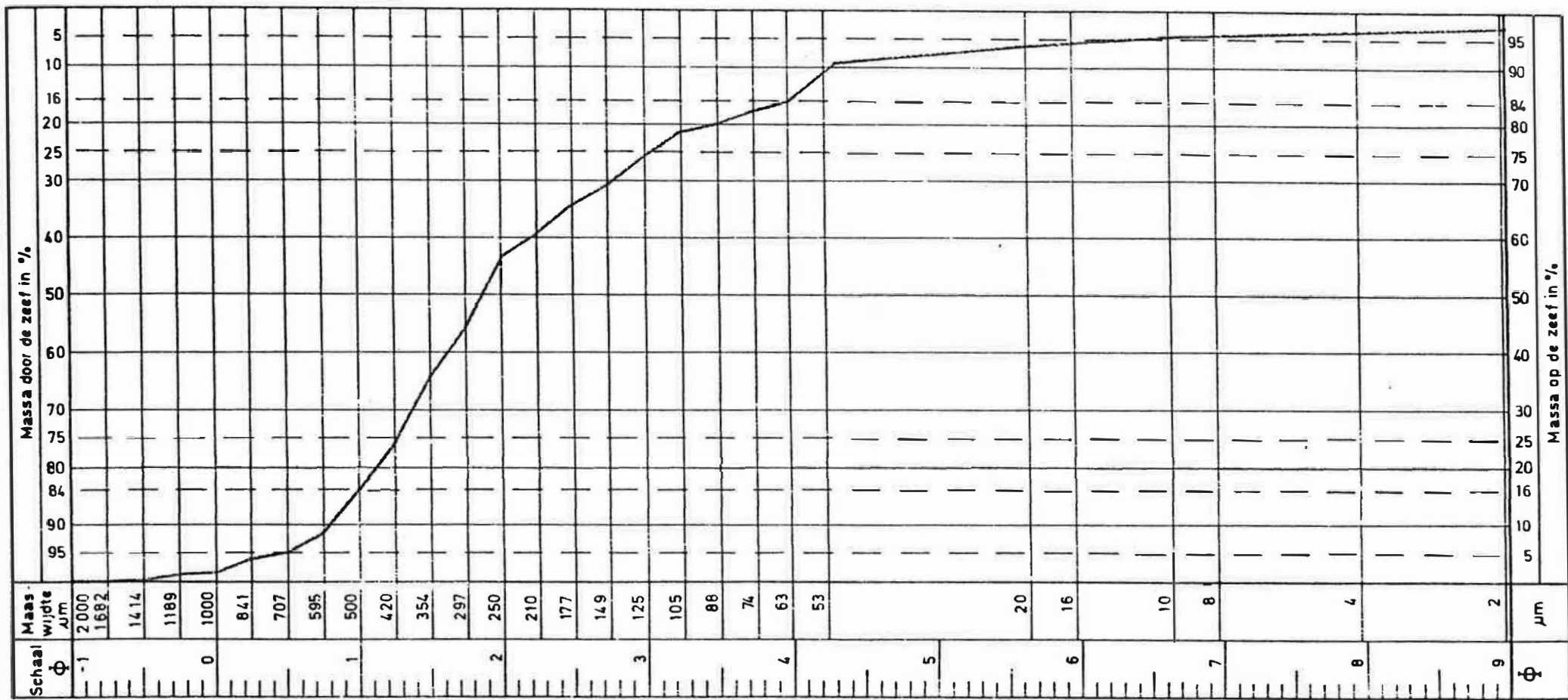
(1) De symbolen worden verklaard in bijlage 11

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal gegevens

(5) D = dikte K in boring TGO 81-9/B5 = 0,95 m



Figuur 4.1 - Kumulatieve curve van het monster uit de watervoerende tot slecht-doorlatende laag van het Kwartair



Op de meeste plaatsen in het studiegebied was de dikte van het kwartair dek te gering om daarvoor elektrische parameters te berekenen. Dit is enkel gebeurd bij de boorgatmeting in de boring A2, waar een relatief dik kwartair dek aanwezig was.

Ook voor de berekening van de geohydrologische kenmerken gelden dezelfde opmerkingen. Hierbij dient aangestipt dat bij de uitvoering van de pompproef, de aandacht vooral is gegaan naar de watervoerende laag in het Ledo-Paniseliaan. De parameters, bepaald voor het Kwartair, zijn daardoor slechts een goede raming.

#### 4.3. De zeer slecht-doorlatende lagen van het Bartoon

Zoals reeds besproken in punt 2.3.3.1.4. maakt het Bartoon deel uit van de litostratigrafische eenheid van de Formatie van het Meetjesland (tabel 2.6), die een cyclische sedimentatie vertoont, waarin 3 fasen van maximale diepte in het afzettingsbekken optreden, overeenkomend met de afzetting van zware kleien.

De isohypsen van de basis van het Bartoon zijn op plaat 10 voorgesteld; de isopachen ervan op plaat 11.

De bovenste kleilaag, het Lid van Onderdijke-Adegem (a3) en de daaropvolgende leemhoudende fijne zandlaag, het Lid van Buisputten (s2), komen enkel voor ten noordoosten van het studiegebied. Hun dagzoom is te zien op de geologische kaart (Plaat 22).

De tweede kleilaag, het Lid van Zomergem (a2) komt wel in het studiegebied voor. In de aanvullende boringen werd hij beschreven als een halfstijve zware klei, die sporadisch zandlensjes vertoont. De in boring C5 beschreven zandhoudende klei dient beschouwd te worden als een afgeschoven pakket a2, nabij de depressie van de Ede. De eerste meter klei in boring B5 dient beschouwd als verspoeld Tertiair en bijgevolg als Kwartair. De maximale dikte van het lid in het studiegebied wordt bereikt in de noordwestelijke en in de noordoostelijke hoek met meer dan 6 m. De isopachen van deze klei zijn

weer te vinden op plaat 12. De kenmerken van deze laag zijn voorgesteld in tabel 4.2. Granulometrisch werd 1 monster geanalyseerd. De kumulatieve curve is weergegeven in figuur 4.2. De elektrische parameters hebben weinig betekenis daar deze laag nergens in het studiegebied volledig aanwezig is. De waarden liggen enigszins te hoog wat wijst op het aan water onderverzadigd karakter van dit lid op het moment van de metingen. Geohydrologisch is deze laag zeer slecht-doorlatend te beschouwen. De hydraulische weerstand  $c$  uit de bemalingsproef heeft een benaderde waarde van 1560 dagen.

Onder het Lid van Zomergem ligt het Lid van Onderdale (s1). Uit de boringen blijkt dat deze laag is opgebouwd uit kleihoudend fijn zand met een dikte van circa 2 m. De laterale uitbreiding is weergegeven op plaat 13. De kenmerken zijn opgenomen in tabel 4.3, de kumulatieve kurven in figuur 4.3. De slechts kleine verschillen in de transversale weerstand, bekomen uit de boorgatmetingen wijst op geringe diktevariatiën van dit lid binnen het studiegebied. Geohydrologisch is deze laag slecht-doorlatend.

Het daaropvolgende Lid van Ursel (a1) vormt samen met het onderliggende Lid van Asse (Asb-a) een dik kleipakket dat men bijna overal in het studiegebied aantreft. De grootste dikte bedraagt meer dan 14 m (Plaat 14). In de boringen komt het Lid van Ursel voor als een halfstijve tot stijve zware klei. Het Lid van Asse heeft ongeveer dezelfde samenstelling maar bevat glaukoniet en een weinig zand. De kenmerken van elk lid zijn respectievelijk voorgesteld in tabel 4.4 en 4.5, de kumulatieve kurven op figuur 4.4 en 4.5. Daar het kleien betreft zijn slechts 3 monsters uit beide leden samen, granulometrisch onderzocht. De resistiviteit van deze lagen, bekomen uit de boorgatmetingen, daalt in het algemeen in noord-oostelijke richting. De totale geleidbaarheid  $S_T$  is hoog vergeleken met deze van de andere leden. Geohydrologisch zijn deze lagen zeer slecht-doorlatend. Ze vertonen immers een zeer hoge hydraulische weerstand  $c$ , die vermoedelijk veel hoger is dan blijkt uit de pompproef.

Tabel 4.2 - Kenmerken van de zeer slecht-doorlatende lagen van het Bartoon : eenheid a2

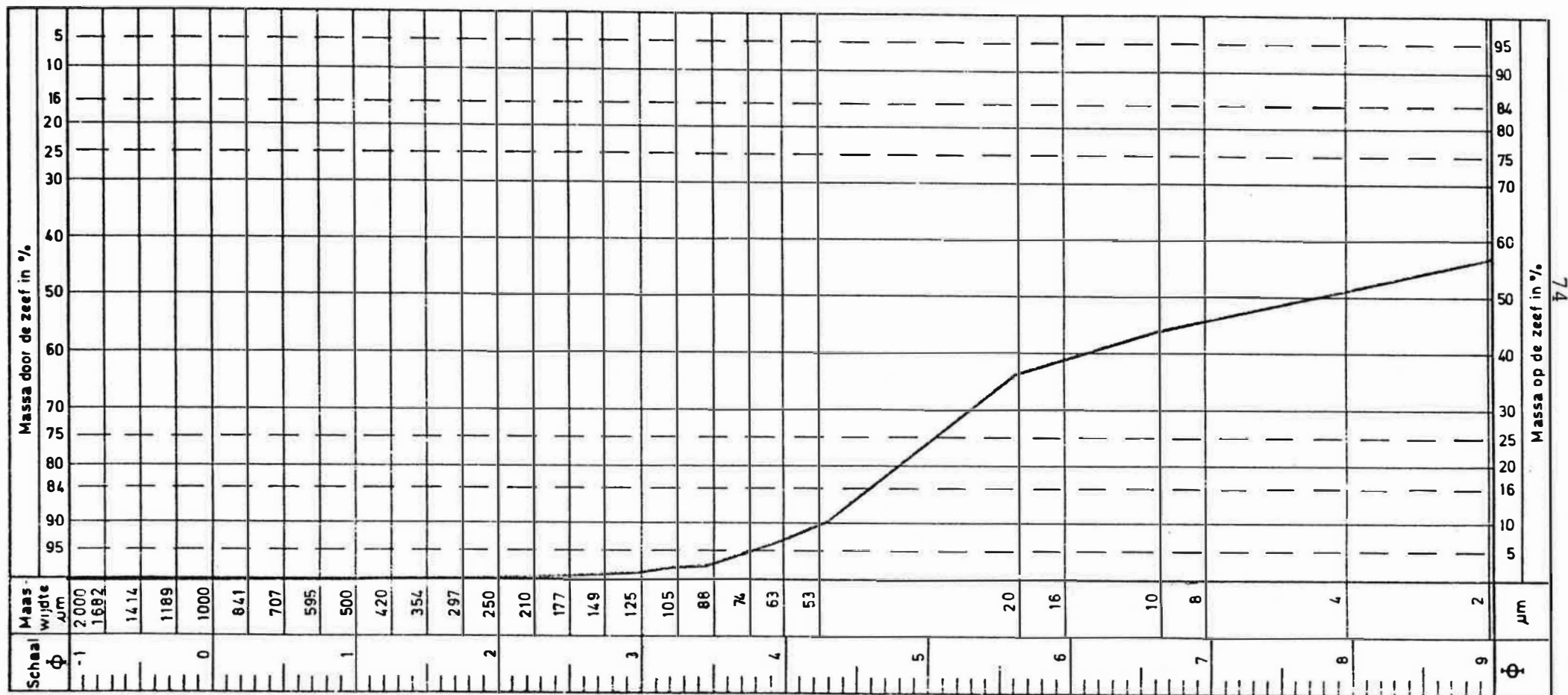
Parameter (1)	Eenheid	$\bar{x}$ (2)	s (3)	Min.	Max.	N (4)	Opm.
F>IV	%	0,00	-	-	-	1	
FIV	%	0,45	-	-	-	1	
FIII	%	6,20	-	-	-	1	
FII	%	50,11	-	-	-	1	
FI	%	43,24	-	-	-	1	
FI+II	%	93,35	-	-	-	1	
d <sub>50</sub>	$\mu\text{m}$	5	-	-	-	1	
Humus	%	2,86	-	-	-	1	
Kalk	%	0,13	-	-	-	1	
Glaukoniet	%	2,5	-	-	-	1	
T	$\Omega\text{m}^2$	19,5	3,4	16,6	23,2	3	
$\rho_t$	$\Omega\text{m}$	13,55	2,68	11,58	16,60	3	
$\rho_l$	$\Omega\text{m}$	13,40	2,71	12,19	16,50	3	
S <sub>T</sub>	1/ $\Omega$	0,12	0,06	0,06	0,17	3	
$\lambda$	-	1,00	0,01	1,00	1,01	3	
k korrelverd. HAZEN	m/d	0,00	-	-	-	1	
k korrelverd. ERNST	m/d	-	-	-	-	-	
k bemalingsproef	m/d	-	-	-	-	-	
kD met k <sub>HAZEN</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD met k <sub>ERNST</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD bemalingsproef	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
S bemalingsproef	-	-	-	-	-	-	
c bemalingsproef	d	1560	-	-	-	1	

(1) De symbolen worden verklaard in bijlage 11

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal gegevens



Tabel 4.3 - Kenmerken van de zeer slecht-doorlatende  
lagen van het Bartoon : eenheid s1

Parameter <sup>(1)</sup>	Eenheid	$\bar{x}$ <sup>(2)</sup>	s <sup>(3)</sup>	Min.	Max.	N <sup>(4)</sup>	Opm.
F>IV	%	0,00	-	-	-	2	
FIV	%	3,02	0,88	2,40	3,64	2	
FIII	%	79,64	8,97	73,30	85,98	2	
FII	%	9,32	5,35	5,54	13,10	2	
FI	%	8,02	2,74	6,08	9,96	2	
FI+II	%	17,34	8,09	11,62	23,06	2	
d <sub>50</sub>	μm	110	5	106	113	2	
Humus	%	1,08	0,23	0,92	1,24	2	
Kalk	%	0,15	0,03	0,13	0,17	2	
Glaukoniet	%	8,95	0,78	8,4	9,5	2	
T	Ωm <sup>2</sup>	16,3	5,9	7,8	24,1	5	
ρ <sub>t</sub>	Ωm	10,68	3,14	7,72	16,00	5	
ρ <sub>l</sub>	Ωm	10,50	3,30	7,29	16,06	5	
S <sub>T</sub>	1/Ω	0,16	0,08	0,08	0,27	5	
λ	-	1,01	0,01	1,00	1,03	5	
k korrelverd. HAZEN	m/d	1,05	1,485	0,00	2,10	2	
k korrelverd. ERNST	m/d	-	-	-	-	2	
k bemalingsproef	m/d	0,20	-	-	-	1	
kD met k <sub>HAZEN</sub>	m <sup>2</sup> /d	2,31	-	0,00	4,61	2	(5) (6)
kD met k <sub>ERNST</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD bemalingsproef	m <sup>2</sup> /d	0,44	-	-	-	1	(6)
S bemalingsproef	-	7,7 · 10 <sup>-5</sup>	-	-	-	-	
c bemalingsproef	d	-	-	-	-	-	

(1) De symbolen worden verklaard in bijlage 11

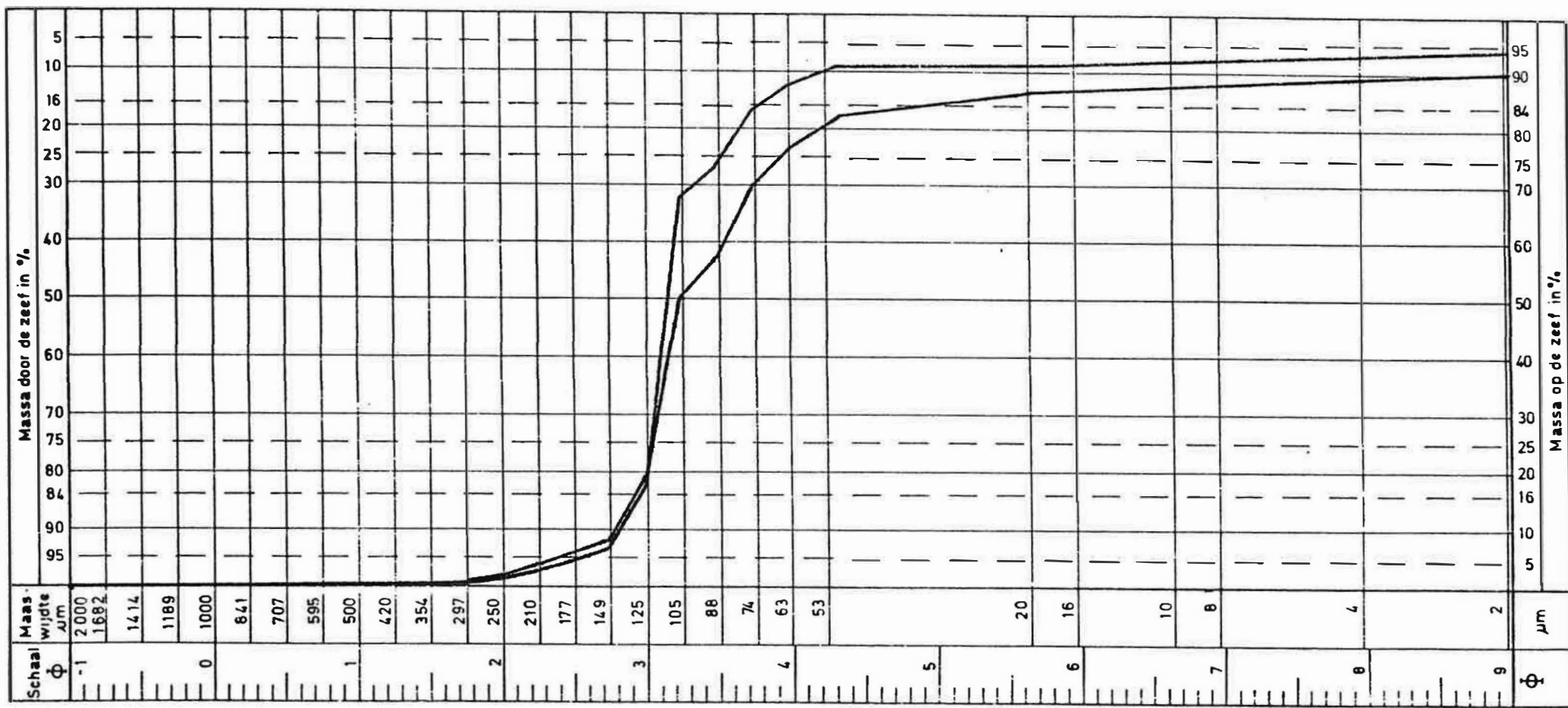
(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal gegevens

(5) Berekend met minimum-, maximum- en gemiddelde k-waarde

(6) D = dikte s1 in boring TGO 81-9/B5 = 2,20 m



Figuur 4.3 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de zeer slecht-doorlatende lagen van het Bartoon :  
eenheid s1

Tabel 4.4 - Kenmerken van de zeer slecht-doorlatende  
lagen van het Bartoon : eenheid a1

Parameter (1)	Eenheid	$\bar{x}$ (2)	s (3)	Min.	Max.	N (4)	Opm.
F>IV	%	0,00	-	-	-	1	
FIV	%	0,00	-	-	-	1	
FIII	%	0,00	-	-	-	1	
FII	%	31,23	-	-	-	1	
FI	%	68,77	-	-	-	1	
FI+II	%	100,00	-	-	-	1	
d <sub>50</sub>	μm	1	-	-	-	1	
Humus	%	3,10	-	-	-	1	
Kalk	%	0,26	-	-	-	1	
Glaukoniet	%	50	-	-	-	1	
T	Ωm <sup>2</sup>	70,7	50,3	34,0	211,0	10	
ρ <sub>t</sub>	Ωm	6,12	3,11	3,98	13,19	10	
ρ <sub>l</sub>	Ωm	5,98	3,08	3,82	13,16	10	
S <sub>T</sub>	1/Ω	2,42	1,20	0,63	3,87	10	
λ	-	1,02	0,01	1,00	1,03	10	
k korrelverd. HAZEN	m/d	0,00	-	-	-	1	
k korrelverd. ERNST	m/d	-	-	-	-	-	
k bemalingsproef	m/d	-	-	-	-	-	
kD met k <sub>HAZEN</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD met k <sub>ERNST</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD bemalingsproef	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
S bemalingsproef	-	12500	-	-	-	1	(5)
c bemalingsproef	d						

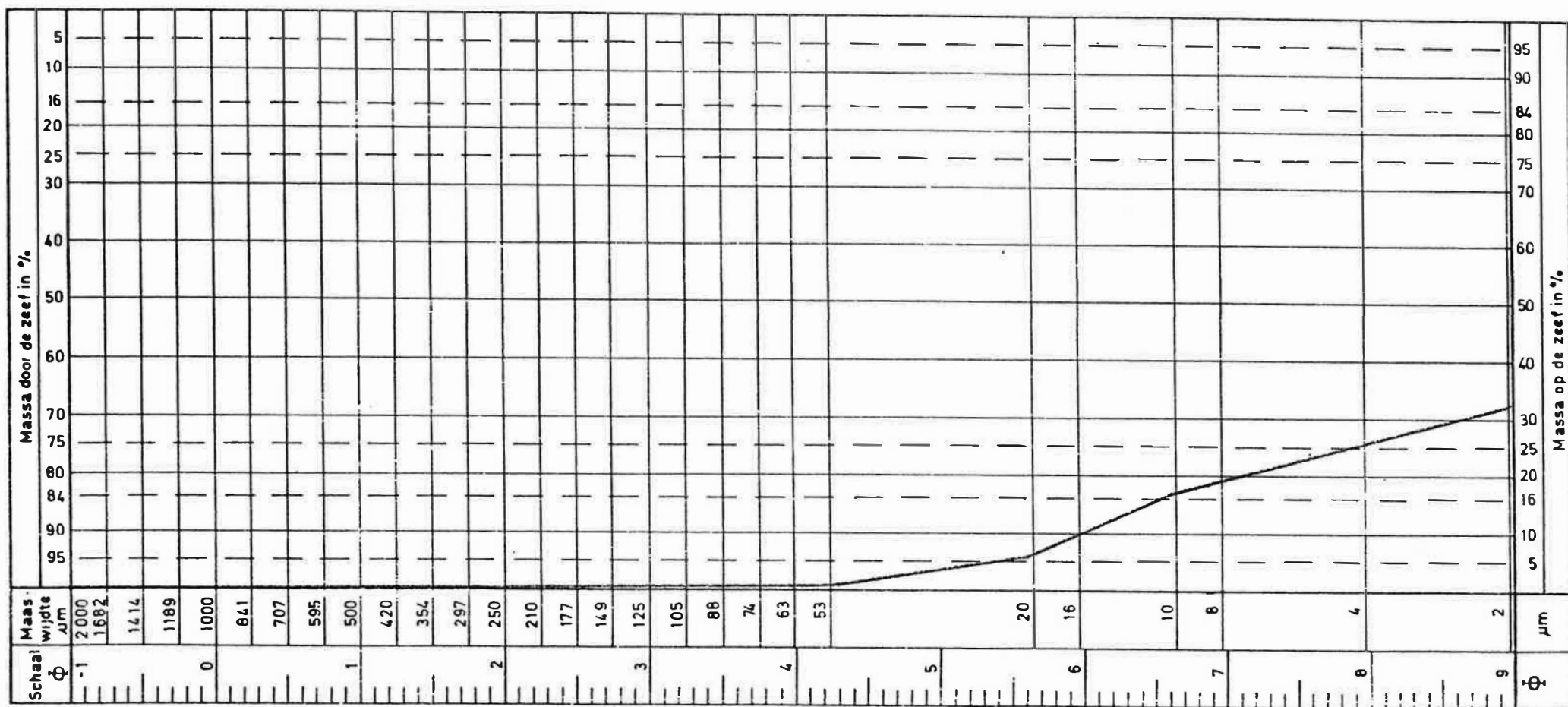
(1) De symbolen worden verklaard in bijlage 11

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal gegevens

(5) Asb-a inbegrepen



Figuur 4.4 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de zeer slecht-doorlatende lagen van het Bartoon :  
eenheid a1



Tabel 4.5 - Kenmerken van de zeer slecht-doorlatende  
lagen van het Bartoon : eenheid Asb-a

Parameter <sup>(1)</sup>	Eenheid	$\bar{x}$ <sup>(2)</sup>	s <sup>(3)</sup>	Min.	Max.	N <sup>(4)</sup>	Opm.
F>IV	%	0,00	-	-	-	2	
FIV	%	15,10	7,99	9,45	20,75	2	
FIII	%	31,05	15,415	20,15	41,95	2	
FII	%	27,54	0,17	27,42	27,66	2	
FI	%	26,31	7,59	20,94	31,68	2	
FI+II	%	53,85	7,425	48,60	59,10	2	
d <sub>50</sub>	μm	52	18	39	64	2	
Humus	%	1,51	0,47	1,18	1,84	2	
Kalk	%	3,56	0,76	3,02	4,09	2	
Glaukoniet	%	50	22,63	34	66	2	
T	Ωm <sup>2</sup>	19,3	4,7	10,9	25,3	10	
ρ <sub>t</sub>	Ωm	8,22	2,24	6,45	12,92	10	
ρ <sub>l</sub>	Ωm	8,02	2,26	6,31	12,81	10	
S <sub>T</sub>	1/Ω	0,33	0,12	0,10	0,45	10	
λ	-	1,01	0,01	1,00	1,03	10	
k korrelverd. HAZEN	m/d	0,00	-	-	-	2	
k korrelverd. ERNST	m/d	-	-	-	-	-	
k bemalingsproef	m/d	-	-	-	-	-	
kD met k <sub>HAZEN</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD met k <sub>ERNST</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD bemalingsproef	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
S bemalingsproef	-	12500	-	-	-	1	(5)
c bemalingsproef	d						

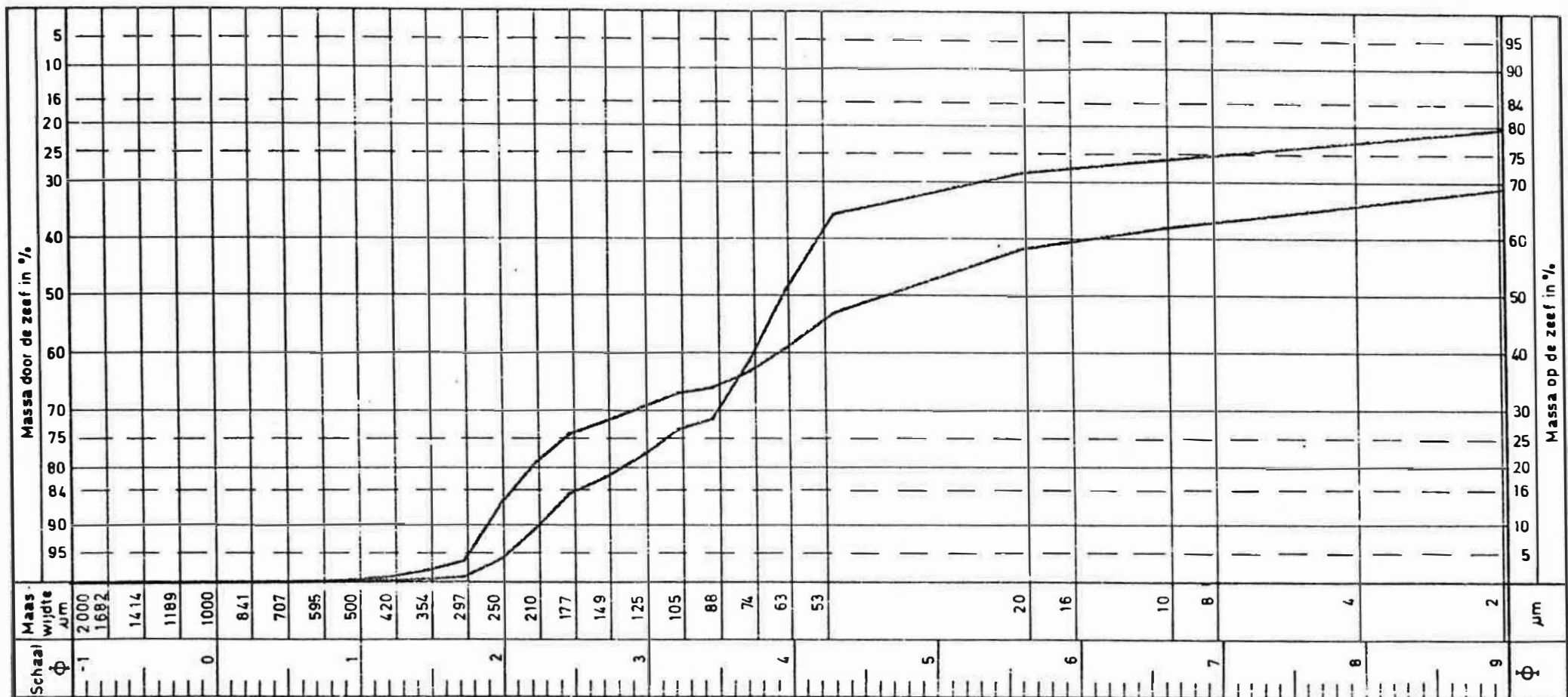
(1) De symbolen worden verklaard in bijlage 11

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal gegevens

(5) a1 inbegrepen



Figuur 4.5 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de zeer slecht-doorlatende lagen van het Bartoon :  
eenheid : Asb-a

#### 4.4. De watervoerende en zeer slecht-doorlatende lagen van het Wemmeliaan en het Ledo-Paniseliaan

Het Wemmeliaan is het onderste lid van de litostratigrafische eenheid van de Formatie van het Meetjesland (tabel 2.6). Het Ledo-Paniseliaan bevat zowel de litostratigrafische eenheid van de Formatie van Knesselare (P2), als de Formatie van de Mont-Panisel (P1d en P1c) en het bovenste gedeelte van de Formatie van Ieper (P1m). De isohypsen van de basis van het P1c, of de top van de P1m-klei, zijn op plaat 15 voorgesteld, de isopachen van het ganse Wemmeliaan-, P2-, P1d- en P1c-pakket op plaat 16. De P1m dagzoomt niet op deze plaat. De isohypsen van de Formatie van het Meetjesland hellen oostelijker dan deze van de Formatie van Knesselare.

Volgens de boorprofielen bestaat het Lid van Wemmel, het bovenste deel van het watervoerende pakket, uit een groengrijs glaukoniethoudend, kleihoudend fijn zand tot zandhoudende klei met schelpenfragmenten, *Nummulites wemmensis*, en dunne zandsteenbanken. Onderaan treft men een concentratie van grovere schelpenresten aan. Op plaat 17 zijn de isopachen voorgesteld. De kenmerken zijn opgenomen in tabel 4.6, de bundel kumulatieve kurven in fig. 4.6. Uit de elektrische parameters blijkt een afname van resistiviteit in noordoostelijke richting en weinig belangrijke diktewisselingen. Geohydrologisch is dit lid slecht-doorlatend tot watervoerend met een gemiddelde hydraulische doorlatendheid van 0,116 m/d uit de granulometrie en 0,6 m/d volgens de pompproef.

In het onderliggende Lid van Oedelem (P2) treft men aan de top meestal een kalkzandsteenbank aan. Het bestaat uit een groengrijs glaukonietrijk licht kleihoudend zand met zeer veel schelpen. Meestal komt er ook nog een tweede kalkzandsteenbank voor; deze is evenwel veel minder continu dan de eerste. Onderaan bevat dit lid twee schelpenrijke lagen, respectievelijk met veel *Turritella*'s en veel *Cardita Planicosta* en tot slot een minder schelpenhoudende laag. De opbouw vertoont veel gelijkenissen met die beschreven te Zeebrugge (M. DEPRET, 1981). In beide gevallen kan men vier lagen onder-

Tabel 4.6 - Kenmerken van de watervoerende laag van het Wemmeliaan

Parameter (1)	Eenheid	$\bar{x}$ (2)	s (3)	Min.	Max.	N (4)	Opm.
F>IV	%	0,18	0,14	0,00	0,37	5	
FIV	%	9,32	3,10	5,04	13,20	5	
FIII	%	40,95	27,20	11,80	68,20	5	
FII	%	36,24	17,89	14,52	55,90	5	
FI	%	13,48	10,265	5,88	27,92	5	
FI+II	%	49,72	26,72	20,60	77,00	5	
d <sub>50</sub>	μm	75	52	24	140	5	
Humus	%	2,04	0,91	1,32	3,06	5	
Kalk	%	12,17	2,66	8,91	15,71	5	
Glaukoniet	%	31,4	18,89	12	52	5	
T	Ωm <sup>2</sup>	172,9	56,8	120,1	284,3	10	
ρ <sub>t</sub>	Ωm	18,18	4,06	13,93	25,35	10	
ρ <sub>l</sub>	Ωm	17,38	3,79	13,77	24,52	10	
S <sub>T</sub>	1/Ω	0,56	0,11	0,44	0,76	10	
λ	-	1,02	0,02	1,00	1,08	10	
k korrelverd. HAZEN	m/d	0,116	0,127	0,00	0,25	5	
k korrelverd. ERNST	m/d	-	-	-	-	-	
k bemalingsproef	m/d	0,6	-	-	-	1	
kD met k <sub>HAZEN</sub>	m <sup>2</sup> /d	0,57	-	0,00	1,23	5	(5) (6)
kD met k <sub>ERNST</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD bemalingsproef	m <sup>2</sup> /d	2,94	-	-	-	1	(6)
S bemalingsproef	-	7,48.10 <sup>-4</sup>	-	-	-	1	
c bemalingsproef	d	150	-	-	-	1	

(1) De symbolen worden verklaard in bijlage 11

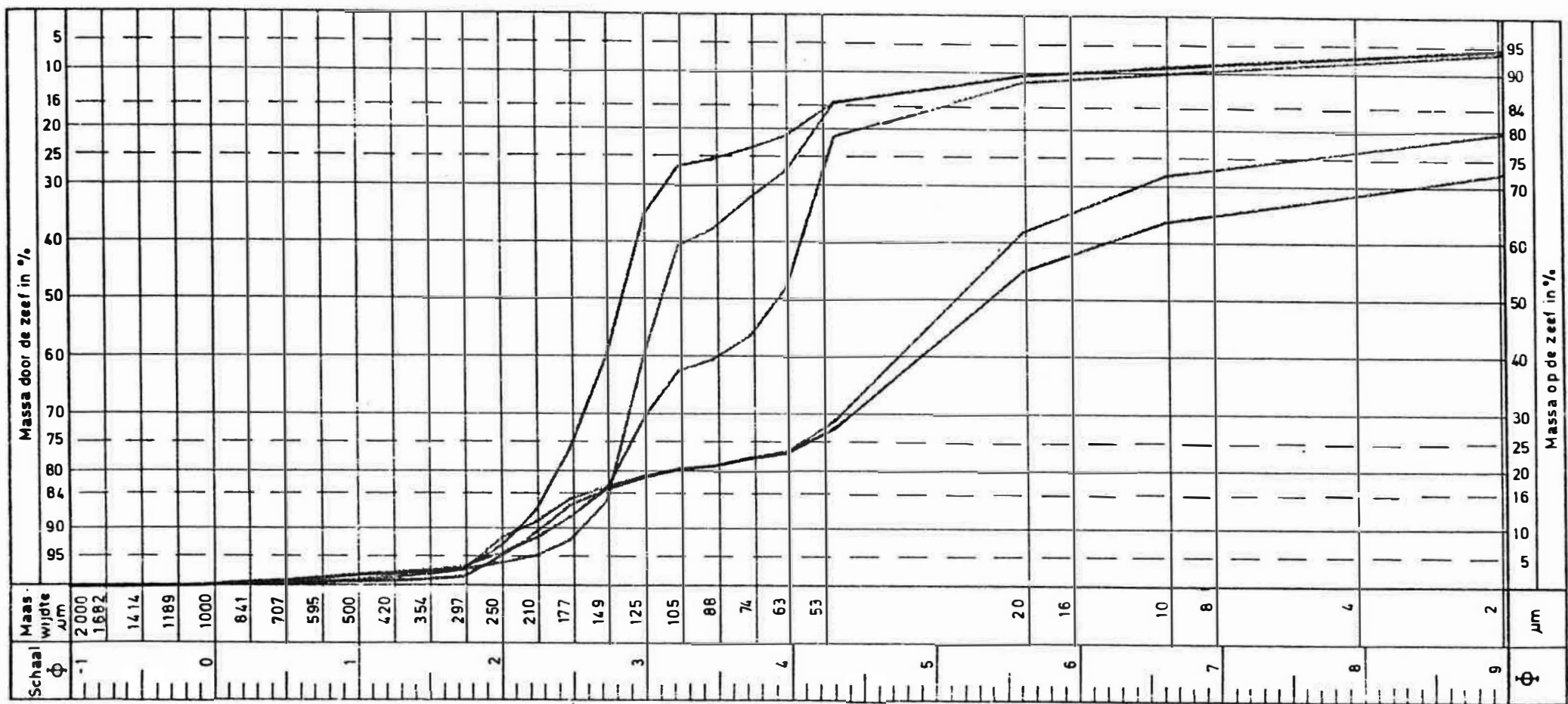
(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal gegevens

(5) Berekend met minimum-, maximum- en gemiddelde k-waarde

(6) D = dikte We in boring TGO 81-9/B5 = 4,90 m



Figuur 4.6 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de watervoerende laag van het Wemmeliaan

scheiden. Van onder naar boven heeft men achtereenvolgens :

- a) weinig kleihoudend tot kleihoudend zeer fijn zand met weinig makrofossielen (eenheid T1 van M. DEPRET)
- b) weinig kleihoudend tot kleihoudend zeer fijn zand met zeer veel tot uiterst veel schelpen (eenheid T2 van M. DEPRET); hierin komen respektievelijk de Cardita's en de Turritella's voor,
- c) een centrale laag die opvallend kleiig is en op zijn beurt kan worden opgesplitst in een onderste en bovenste weinig fossielhoudende kleiige zone met daartussen een zeer schelpenrijk weinig kleihoudend tot kleihoudend zeer fijn zand met diskontinue steenbanken (eenheden T3, T4, T5 van M. DEPRET),
- d) een bovenste zone weinig kleihoudend tot kleihoudend zeer fijn zand met schelpen tot plaatselijk veel schelpen en in Zeebrugge drie vrij kontinu ontwikkelde glauconiet-kalkzandsteenbanken (eenheden T6,1 t.e.m. T8,2 van M. DEPRET). Het is in deze laatste zone dat er verschillen optreden tussen de twee gebieden : in de boringen werd maar één min of meer continue steenbank aangetroffen. Hieruit dient te worden besloten dat het bovenste deel van het Lid van Oedelem in het studiegebied niet voorkomt en dat de laatste eenheid die er wordt aangetroffen de eenheid T6,3 van M. DEPRET is.

De uitbreiding en de dikte van het Lid van Oedelem zijn aangegeven op plaat 18 : daar de strekking van de lagen van de Formatie van het Meetjesland meer naar het oosten is gericht dan van de Formatie van Knesselare, neemt de dikte van het Lid van Oedelem, in het niet aangesneden gebied toe in noordwestelijke richting. De kenmerken van het lid zijn voorgesteld in tabel 4.7 en de bundel van kumulatieve kurven op fig. 4.7. Een sterk kleihoudend monster uit dit lid valt hierbij duidelijk op. De resistiviteiten van het Lid van Oedelem nemen af in noordoostelijke richting. Geohydrologisch is deze laag watervoerend met slecht-doorlatende zones.

Tabel 4.7 - Kenmerken van de watervoerende lagen van het  
Ledo-Paniseliaan : eenheid P2

Parameter (1)	Eenheid	$\bar{x}$ (2)	s (3)	Min.	Max.	N (4)	Opm.
F>IV	%	3,37	5,29	0,00	14,62	8	
FIV	%	6,11	3,17	2,32	11,18	8	
FIII	%	70,995	19,73	22,5	81,22	8	
FII	%	7,87	6,39	4,35	23,30	8	
FI	%	15,00	14,34	7,70	50,35	8	
FI+II	%	22,895	20,57	12,76	73,65	8	
d <sub>50</sub>	μm	118	48	2	146	8	
Humus	%	1,18	0,57	0,80	2,56	8	
Kalk	%	5,69	2,23	2,58	8,63	8	
Glaukoniet	%	11,36	4,25	2,0	15	8	
T	Ωm <sup>2</sup>	117,6	33,6	68,6	187,7	11	
ρ <sub>t</sub>	Ωm	20,36	3,94	15,59	27,60	11	
ρ <sub>l</sub>	Ωm	20,31	3,94	15,57	27,57	11	
S <sub>T</sub>	1/Ω	0,29	0,06	0,20	0,41	11	
λ	-	1,00	0,00	1,00	1,00	11	
k korrelverd. HAZEN	m/d	0,004	0,007	0,00	0,02	8	
k korrelverd. ERNST	m/d	-	-	-	-	-	
k bemalingsproef	m/d	2,20	-	-	-	1	(5)
kD met k <sub>HAZEN</sub>	m <sup>2</sup> /d	0,06	-	0,00	0,30	8	(6) (7)
kD met k <sub>ERNST</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD bemalingsproef	m <sup>2</sup> /d	90,2	-	-	-	1	(5) (8)
S bemalingsproef	-	8,89.10 <sup>-4</sup>	-	-	-	1	(5)
c bemalingsproef	d	-	-	-	-	-	-

(1) De symbolen worden verklaard in bijlage 11

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

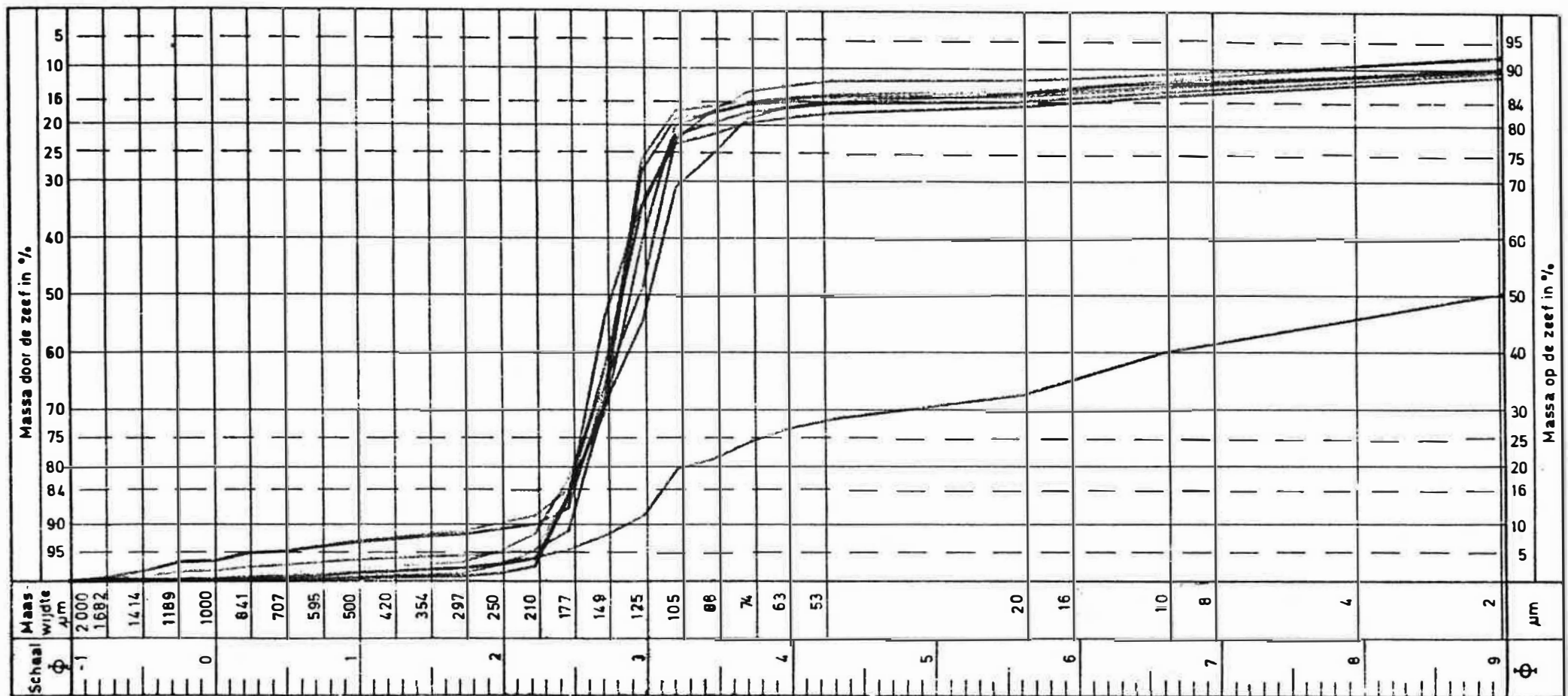
(4) Aantal gegevens

(5) P1d inbegrepen

(6) Berekend met minimum-, maximum- en gemiddelde k-waarde

(7) D = dikte P2 in boring TGO 81-9/B5 = 14,8 m

(8) D = dikte P2+P1d in boring TGO 81-9/B5 = 41 m



Figuur 4.7 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de watervoerende lagen van het Ledo-Paniseliaan :  
eenheid P2



Het Lid van Vlierzele (P1d) vangt aan met humushoudende zones. Het bestaat hoofdzakelijk uit een glaukonietrijk fijn tot middelmatig zand met enkele zandsteenbanken. In de twee boringen (B5 en D4) was de grens met het onderliggende Lid van Pittem (P1c) duidelijk te zien. Dit was niet steeds het geval met de oudere boringen, met het gevolg dat er geen isohypsen van de basis van het P1d getekend werden en dus ook geen isopachen van de P1d-laag afzonderlijk. De isopachen van het P1d-P1c-pakket daarentegen konden wel getekend worden daar de grens met het Lid van Merelbeke (P1m) in de meeste boringen duidelijk te zien is. Deze zijn voorgesteld op plaat 19. Men bekomt een benaderende dikte van het P1d door van de dikten van de isopachenkaart 5 à 10 m af te trekken. De kenmerken van het P1d zijn opgenomen in tabel 4.8, de kumulatieve kurven in fig. 4.8. Daar geen enkele boring van de Leerstoel voor Toegepaste Geologie het Lid van Vlierzele volledig heeft aangeboord, is vergelijking met elektrische parameters niet mogelijk. Geohydrologisch vormt dit lid een watervoerende laag, trouwens de meest produktieve van het ganse Ledo-Paniseliaan.

Het Lid van Pittem (P1c) werd in de twee boringen van de studie geschreven als een glaukoniethoudend sterk kleihoudend fijn zand tot zandhoudende klei. De kenmerken zijn te vinden in tabel 4.9 en de kumulatieve kurven op fig. 4.9. Geohydrologisch dient dit lid als zeer slecht-doorlatend te worden beschouwd.

Het Lid van Merelbeke (P1m) tenslotte werd in de twee diepe boringen van deze studie aangetroffen. Zijn aanwezigheid is ook vermeld in de profielen van twee diepe boringen op het aangrenzend kaartblad 13/8, die in de Archieven van de Belgische Geologische Dienst berusten. Hieruit mag bij benadering worden besloten dat onder het studiegebied deze laag overal aanwezig is. Ze bestaat uit een stijve zware klei en bereikt circa 4 m dikte. De isohypsen van de top van de laag is op plaat 15 voorgesteld. De kenmerken van het enige grondmonster uit deze laag

Tabel 4.8 - Kenmerken van de watervoerende lagen van het Ledo-Paniseliaan : eenheid P1d

Parameter (1)	Eenheid	$\bar{x}$ (2)	s (3)	Min.	Max.	N (4)	Opm.
F>IV	%	0,10	0,22	0,00	0,84	22	
FIV	%	10,485	10,60	0,92	31,62	22	
FIII	%	80,12	11,15	57,32	93,90	22	
FII	%	4,72	3,66	1,28	14,96	22	
FI	%	4,69	1,82	2,66	10,44	22	
FI+II	%	9,40	5,38	4,30	25,40	22	
d <sub>50</sub>	μm	148	29	110	194	22	
Humus	%	1,32	1,20	0,22	4,56	22	
Kalk	%	0,36	0,43	0,00	1,89	22	
Glaukoniet	%	11,59	5,66	6,4	33	22	
T	Ωm <sup>2</sup>	640,1	329,9	287,8	1107,6	5	
ρ <sub>t</sub>	Ωm	29,39	3,02	26,12	33,65	5	
ρ <sub>l</sub>	Ωm	26,59	3,88	22,70	32,45	5	
S <sub>T</sub>	1/Ω	0,83	0,41	0,34	1,41	5	
λ	-	1,05	0,04	1,00	1,09	5	
k korrelverd. HAZEN	m/d	4,28	2,79	0,00	9,13	22	
k korrelverd. ERNST	m/d	3,265	1,89	0,99	6,07	11	
k bemalingsproef	m/d	2,20	-	-	-	1	(5)
kD met k <sub>HAZEN</sub>	m <sup>2</sup> /d	112,14	-	0,00	239,21	22	(6) (7)
kD met k <sub>ERNST</sub>	m <sup>2</sup> /d	85,54	-	25,94	159,03	11	(6) (7)
kD bemalingsproef	m <sup>2</sup> /d	90,2	-	-	-	1	(5) (8)
S bemalingsproef	-	8,89 · 10 <sup>-4</sup>	-	-	-	1	(5)
c bemalingsproef	d	-	-	-	-	-	

(1) De symbolen worden verklaard in bijlage 11

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

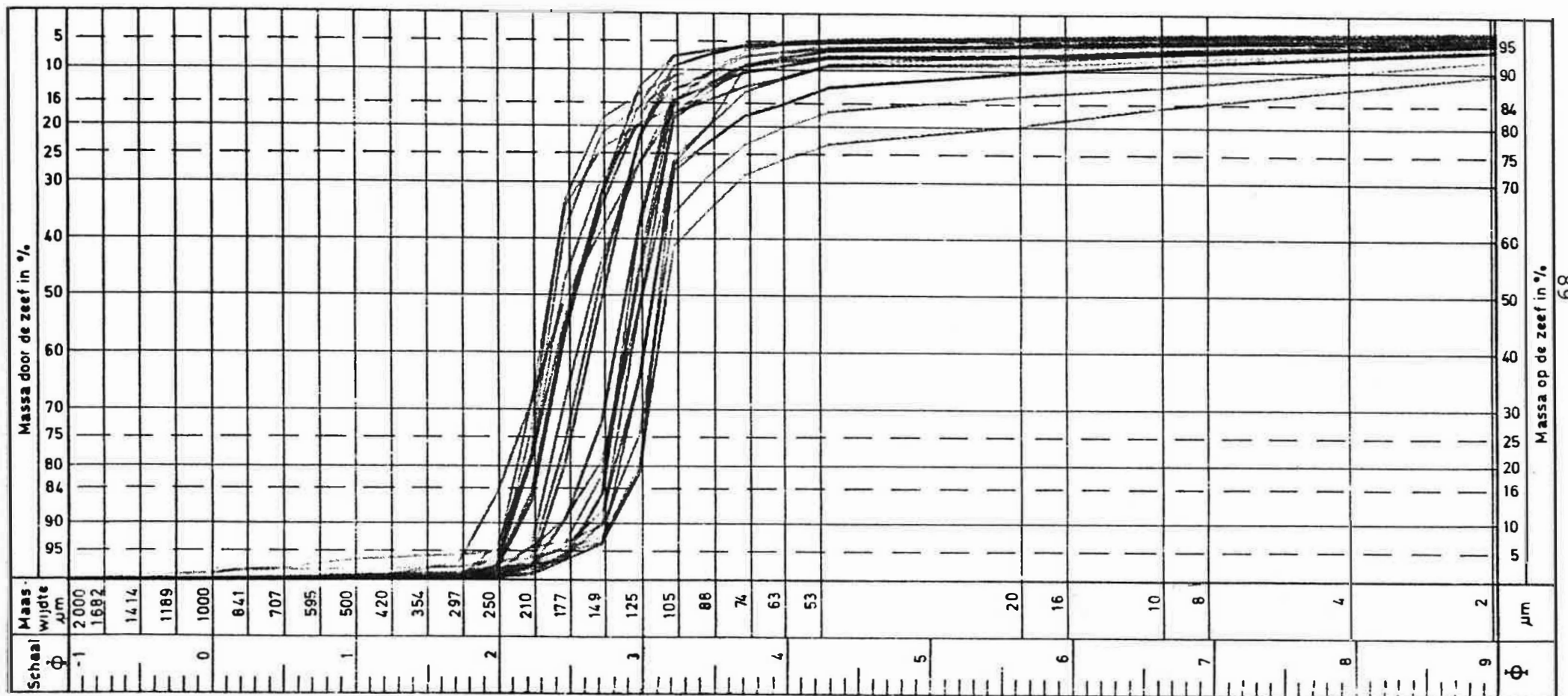
(4) Aantal gegevens

(5) P2 inbegrepen

(6) Berekend met minimum-, maximum- en gemiddelde k-waarde

(7) D : dikte P1d in boring TGO 81-9/B5 = 26,2 m

(8) D = dikte P2+P1d in boring TGO 81-9/B5 = 41 m



Figuur 4.8 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de watervoerende lagen van het Ledo-Paniseliaan :  
eenheid P1d

Tabel 4.9 - Kenmerken van de zeer slecht-doórlatende lagen  
van het Ledo-Paniseliaan : eenheid P1c

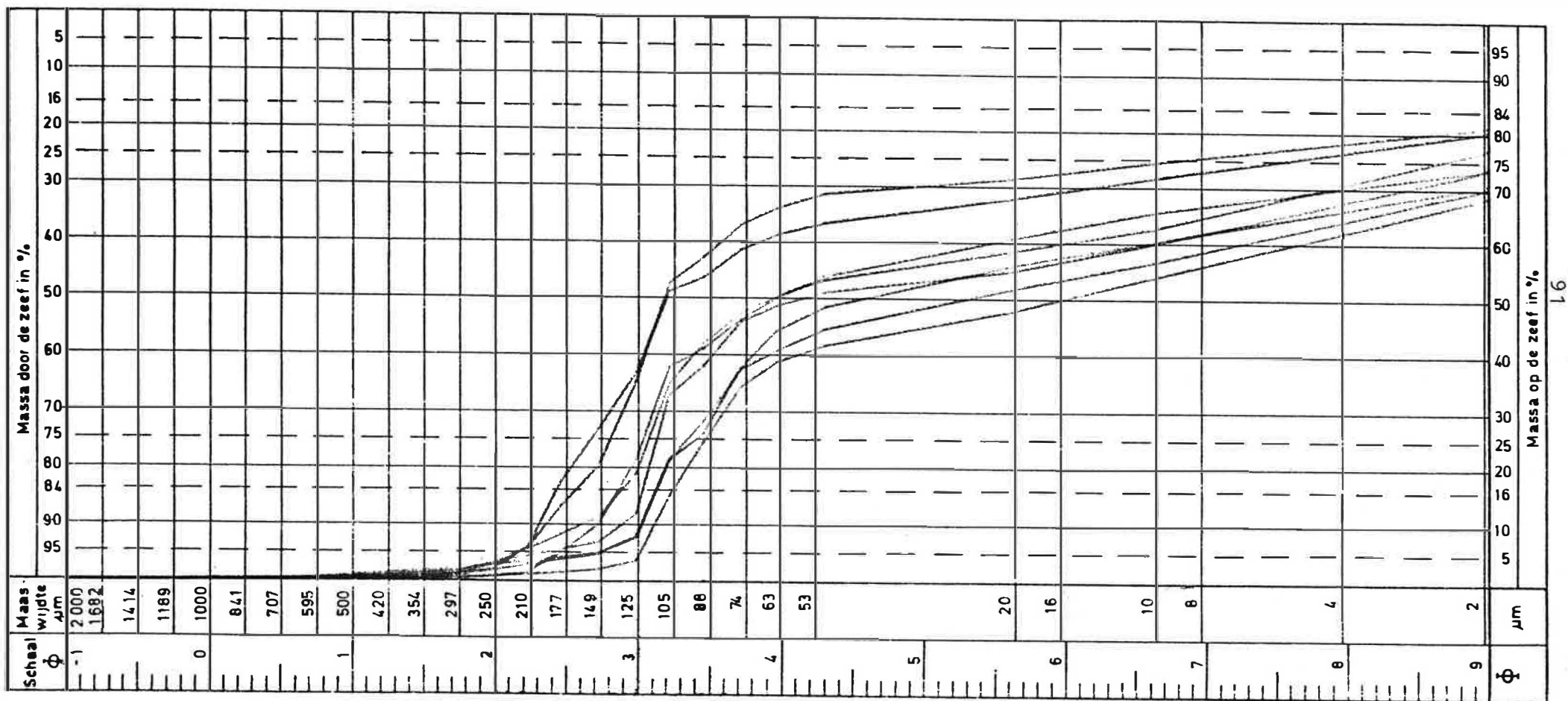
Parameter (1)	Eenheid	$\bar{x}$ (2)	s (3)	Min.	Max.	N (4)	Opm.
F>IV	%	0,00	-	-	-	8	
FIV	%	3,74	1,93	1,00	5,90	8	
FIII	%	46,60	8,30	37,55	60,80	8	
FII	%	23,82	5,20	14,51	29,35	8	
FI	%	25,83	4,75	19,99	31,80	8	
FI+II	%	49,66	9,63	33,50	61,15	8	
d <sub>50</sub>	μm	61	34	16	109	8	
Humus	%	3,31	0,46	2,62	3,80	8	
Kalk	%	7,18	3,10	3,15	11,95	8	
Glaukoniet	%	17,5	2,78	13	22	8	
<hr/>							
T	Ωm <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	
ρ <sub>t</sub>	Ωm	-	-	-	-	-	
ρ <sub>l</sub>	Ωm	-	-	-	-	-	
S <sub>T</sub>	1/Ω	-	-	-	-	-	
λ	-	-	-	-	-	-	
<hr/>							
k korrelverd. HAZEN	m/d	0,00	-	-	-	8	
k korrelverd. ERNST	m/d	-	-	-	-	-	
k bemalingsproef	m/d	-	-	-	-	-	
kD met k <sub>HAZEN</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD met k <sub>ERNST</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD bemalingsproef	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
S bemalingsproef	-	-	-	-	-	-	
c bemalingsproef	d	-	-	-	-	-	

(1) De symbolen worden verklaard in bijlage 11

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal gegevens



Figuur 4.9 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de zeer slecht-doorlatende lagen van het Ledo-Paniseliaan : eenheid P1c

Tabel 4.10 - Kenmerken van de zeer slecht-doorlatende lagen  
van het Ledo-Paniseliaan : eenheid P1m

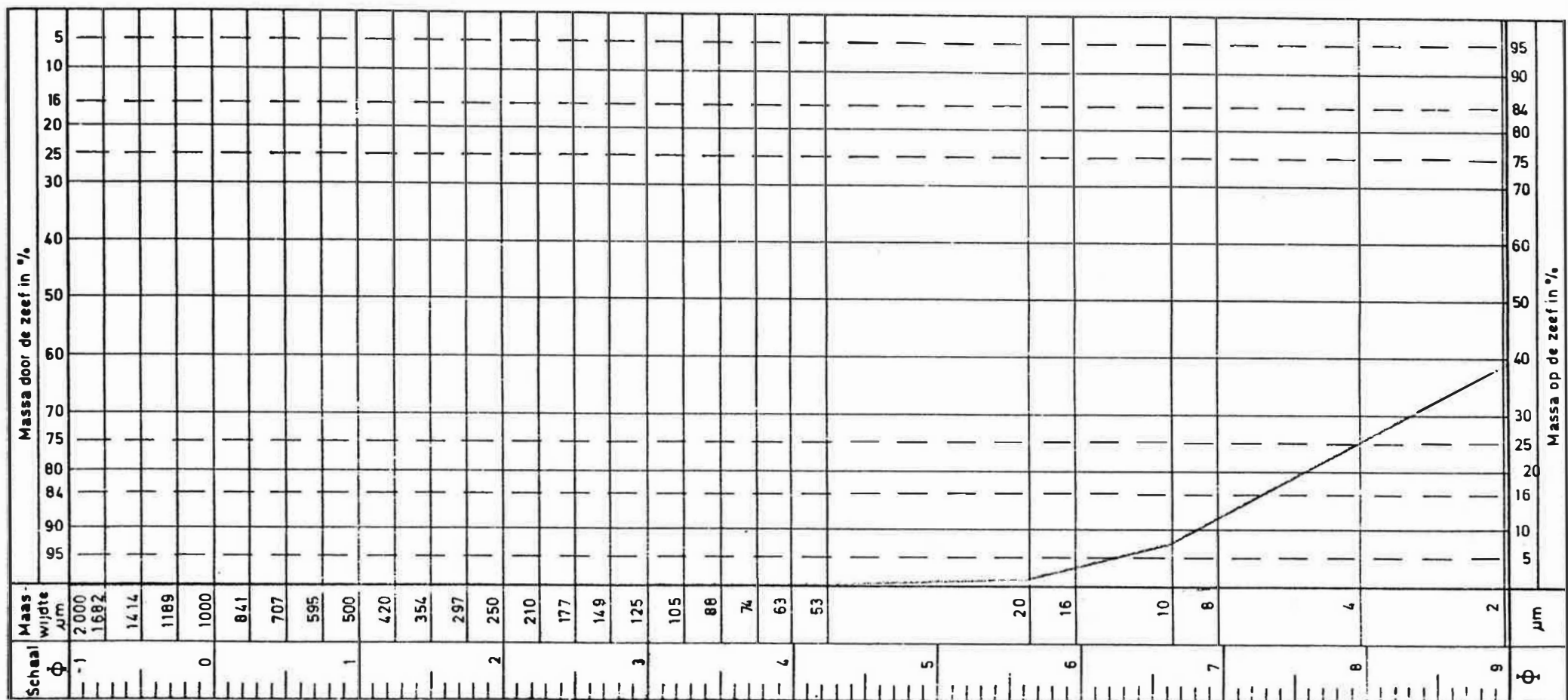
Parameter (1)	Eenheid	$\bar{x}$ (2)	s (3)	Min.	Max.	N (4)	Opm.
F>IV	%	0,00	-	-	-	1	
FIV	%	0,00	-	-	-	1	
FIII	%	0,00	-	-	-	1	
FII	%	38,50	-	-	-	1	
FI	%	61,50	-	-	-	1	
FI+II	%	100,00	-	-	-	1	
d <sub>50</sub>	μm	1	-	-	-	1	
Humus	%	3,54	-	-	-	1	
Kalk	%	0,66	-	-	-	1	
Glaukoniet	%	66	-	-	-	1	
T	Ωm <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	
ρ <sub>t</sub>	Ωm	-	-	-	-	-	
ρ <sub>l</sub>	Ωm	-	-	-	-	-	
S <sub>T</sub>	1/Ω	-	-	-	-	-	
λ	-	-	-	-	-	-	
k korrelverd. HAZEN	m/d	0,00	-	-	-	1	
k korrelverd. ERNST	m/d	-	-	-	-	-	
k bemalingsproef	m/d	-	-	-	-	-	
kD met k <sub>HAZEN</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD met k <sub>ERNST</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD bemalingsproef	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
S bemalingsproef	-	-	-	-	-	-	
c bemalingsproef	d	-	-	-	-	-	

(1) De symbolen worden verklaard in bijlage 11

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal gegevens



Figuur 4.10 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de zeer slecht-doorlatende lagen van het

Ledo-Paniseliaan : eenheid P1m

zijn in tabel 4.10 opgenomen, de kumulatieve kurven op fig. 4.10. Geohydrologisch is deze laag zeer slecht-doorlatend tot nagenoeg ondoorlatend, d.w.z. ze heeft een zeer hoge hydraulische weerstand c.

#### 4.5. De watervoerende en zeer slecht-doorlatende lagen van het Ieperiaan

Alhoewel niet rechtstreeks van belang voor deze studie, werd ook aan het Ieperiaan aandacht besteed om enkele eigenschappen te kennen van de lagen die in het studiegebied juist onder het Ledo-Paniseliaan voorkomen.

Onder de P1m-klei werd in boring D4 het Lid van Egem (Yd) aangeboord. Het bestaat uit een afwisseling van glaukoniet-houdend, kleihoudend zeer fijn zand en zandhoudende klei, met een dikte van circa 14 m. De kenmerken van de zandige lagen zijn in tabel 4.11 opgenomen, de kumulatieve kurven in fig. 4.11. Geohydrologisch dient deze laag als watervoerend te worden beschouwd.

De laatste laag die werd aangeboord is het Yc, het Lid van Vlaanderen. In boring D4 bestond de topzone van deze laag uit een stijve zware klei met kleihoudende fijne zand-interkalaties. De kenmerken van de twee onderzochte grond-monsters zijn in tabel 4.12 opgenomen, de kumulatieve kurven in fig. 4.12. Deze laatste laag is zeer slecht-doorlatend tot nagenoeg ondoorlatend.

#### 4.6. Litologische en hydrolitologische profielen

Twee litologische doorsneden (Platen 20 en 21) geven een beeld van het verloop van de lagen in het studiegebied. De eerste doorsnede x-x' werd doorheen de boringen E3, D3, C3, B3 en A3 van noord naar zuid getekend : hierop is duidelijk de helling van de lagen in noordelijke richting te zien. De andere doorsnede y-y' werd loodrecht op de eerste getekend van west naar oost doorheen de boringen B1, B2, B3, B4 en B5.



Tabel 4.11 - Kenmerken van de watervoerende lagen van het  
Ieperiaan : eenheid Yd

Parameter (1)	Eenheid	$\bar{x}$ (2)	s (3)	Min.	Max.	N (4)	Opm.
F>IV	%	0,02	0,035	0,00	0,06	3	
FIV	%	2,42	1,91	0,40	4,20	3	
FIII	%	83,95	3,265	81,92	87,72	3	
FII	%	8,20	3,61	4,71	11,91	3	
FI	%	5,40	0,50	4,91	5,91	3	
FI+II	%	13,63	3,89	9,62	17,38	3	
d <sub>50</sub>	μm	108	22	94	133	3	
Humus	%	0,75	0,65	0,10	1,40	3	
Kalk	%	0,37	0,27	0,13	0,66	3	
Glaukoniet	%	18,33	6,66	14,0	26,0	3	
T	Ωm <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	
ρ <sub>t</sub>	Ωm	-	-	-	-	-	
ρ <sub>l</sub>	Ωm	-	-	-	-	-	
S <sub>T</sub>	1/Ω	-	-	-	-	-	
λ	-	-	-	-	-	-	
k korrelverd. HAZEN	m/d	1,12	1,40	0,06	2,71	3	
k korrelverd. ERNST	m/d	-	-	-	-	-	
k bemalingsproef	m/d	-	-	-	-	-	
kD met k <sub>HAZEN</sub>	m <sup>2</sup> /d	16,02	-	0,86	38,75	-	(5)
kD met k <sub>ERNST</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD bemalingsproef	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
S bemalingsproef	-	-	-	-	-	-	
c bemalingsproef	d	-	-	-	-	-	

(1) De symbolen worden verklaard in bijlage 11

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal gegevens

(5) D : dikte Yd in boring TGO 81-9/B5 = 14,3 m

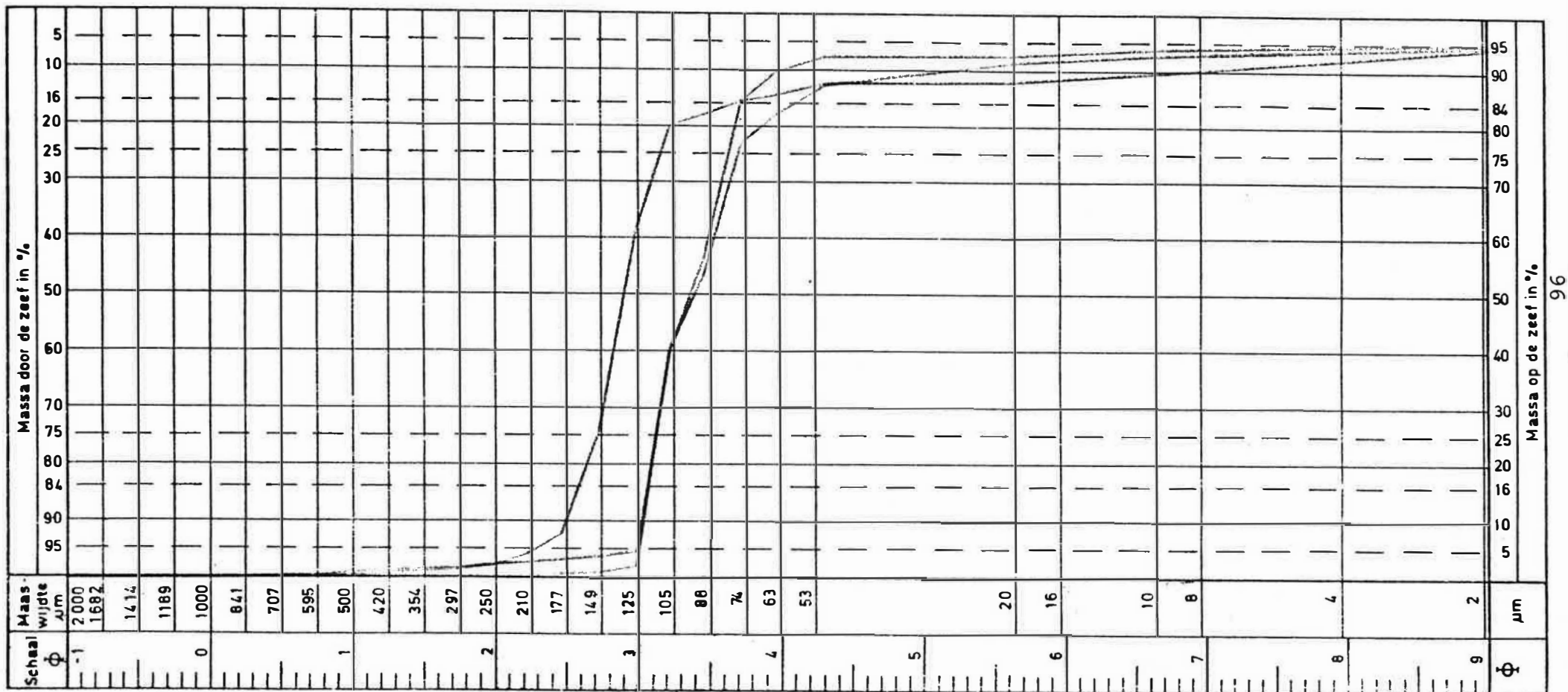


Fig. 4.11 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de watervoerende lagen van het Ieperiaan : eenheid Yd

Tabel 4.12 - Kenmerken van de zeer slecht-doorlatende  
lagen van het Ieperiaan : eenheid Yc

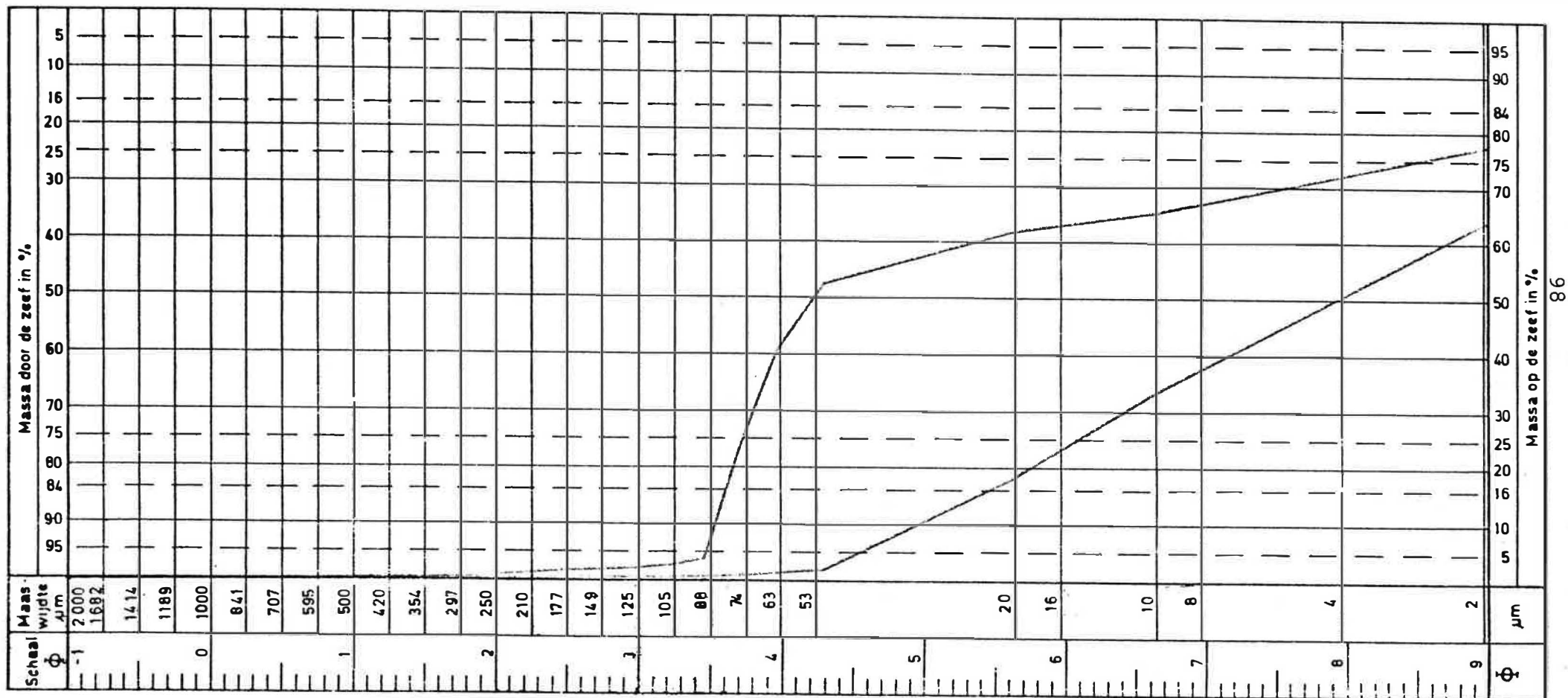
Parameter (1)	Eenheid	$\bar{x}$ (2)	s (3)	Min.	Max.	N (4)	Opm.
F>IV	%	0,00	-	-	-	2	
FIV	%	0,65	0,778	0,10	1,20	2	
FIII	%	10,11	19,16	0,85	39,60	2	
FII	%	49,365	18,335	36,40	62,33	2	
FI	%	29,76	9,84	22,80	36,72	2	
FI+II	%	79,125	28,18	59,20	99,05	2	
d <sub>50</sub>	µm	29	35	4	53	2	
Humus	%	1,67	0,36	1,42	1,92	2	
Kalk	%	1,55	1,15	0,74	2,36	2	
Glaukoniet	%	13,05	7,00	8,10	18	2	
T	Ωm <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	
ρ <sub>t</sub>	Ωm	-	-	-	-	-	
ρ <sub>l</sub>	Ωm	-	-	-	-	-	
S <sub>T</sub>	1/Ω	-	-	-	-	-	
λ	-	-	-	-	-	-	
k korrelverd. HAZEN	m/d	0,00	-	-	-	2	
k korrelverd. ERNST	m/d	-	-	-	-	-	
k bemalingsproef	m/d	-	-	-	-	-	
kD met k <sub>HAZEN</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD met k <sub>ERNST</sub>	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
kD bemalingsproef	m <sup>2</sup> /d	-	-	-	-	-	
S bemalingsproef	-	-	-	-	-	-	
c bemalingsproef	d	-	-	-	-	-	

(1) De symbolen worden verklaard in bijlage 11

(2) Gemiddelde

(3) Standaarddeviatie

(4) Aantal gegevens



Figuur 4.12 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de zeer slecht-doorlatende lagen van het Ieperiaan : eenheid Yc

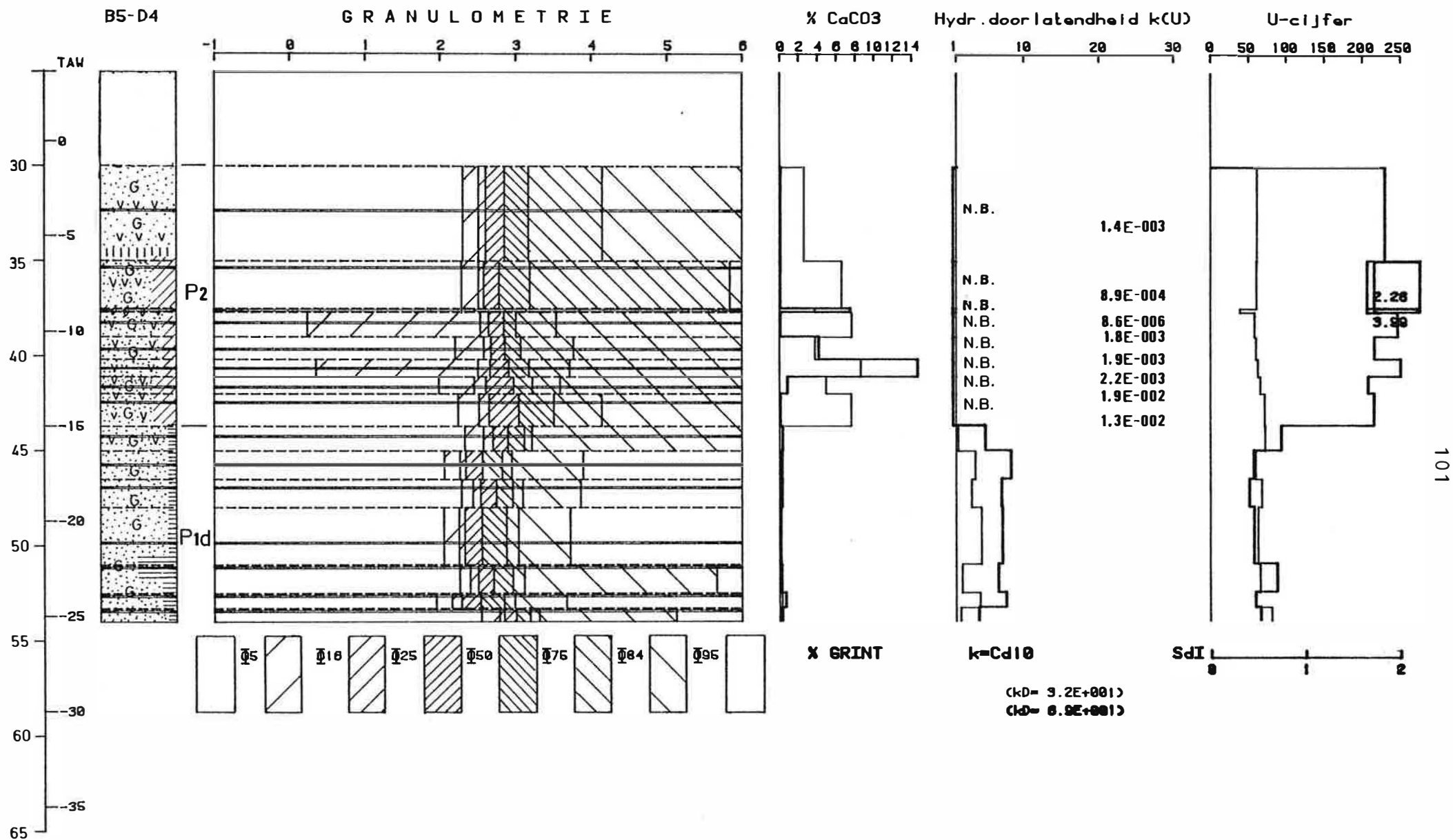
De hydrogeologische bouw is op een profiel van de samengestelde boring B5-D4 op fig. 4.13 t.e.m. 4.16 voorgesteld. Fig. 4.13 bevat monsters uit het Kwartair, het Lid van Zomergem (a2), het Lid van Onderdale (s1), het Lid van Ursel (a1), het Lid van Asse (Asb-a) en het Lid van Wemmel (We); in fig. 4.14 zijn monsters uit het Lid van Oedelem (P2) en het bovenste deel van het Lid van Vlierzele (P1d) opgenomen; fig. 4.15 bevat de overige monsters uit het P1d; in fig. 4.16 zijn de monsters van het Lid van Pittem (P1c), het Lid van Merelbeke (P1m), het Lid van Egem (Yd) en het Lid van Vlaanderen (Yc) opgenomen.

Een hydrogeologisch profiel van een boring is een grafische voorstelling van de veldbeschrijving en van de resultaten van de laboratoriumproeven uitgevoerd op grondmonsters, representatief voor de litologische eenheden. De veldbeschrijving werd gesynthetiseerd weergegeven onder de vorm van een litologische kolom. Daarnaast werden de resultaten van de granulometrische analyse voorgesteld. De onderzochte monsters werden in volle lijn aangeduid, de eenheden waarvoor ze representatief zijn in stippellijn. De  $\phi_5$ ,  $\phi_{16}$ ,  $\phi_{25}$ ,  $\phi_{50}$ ,  $\phi_{75}$ ,  $\phi_{84}$ ,  $\phi_{95}$  percentielen werden aangeduiden door volle verticale lijnen tussen de grenzen van elke eenheid. Waarden groter dan  $6\phi$  zijn niet aangeduid. Voor elke eenheid is bovendien het kalkgehalte en het grintgehalte ( $>2$  mm), de hydraulische doorlatendheid  $k$ , berekend volgens de formule van HAZEN en volgens de aangepaste formule van ERNST, de specifieke oppervlakte  $U$  en de globale grafische standaardafwijking aangegeven. Onder de kolom van de hydraulische doorlatendheden is op elke figuur de transmissiviteit  $kD$  volgens de methode van ERNST en HAZEN, voor de totale dikte van de eenheden voorkomend op de respektievelijke figuren, aangeduid.

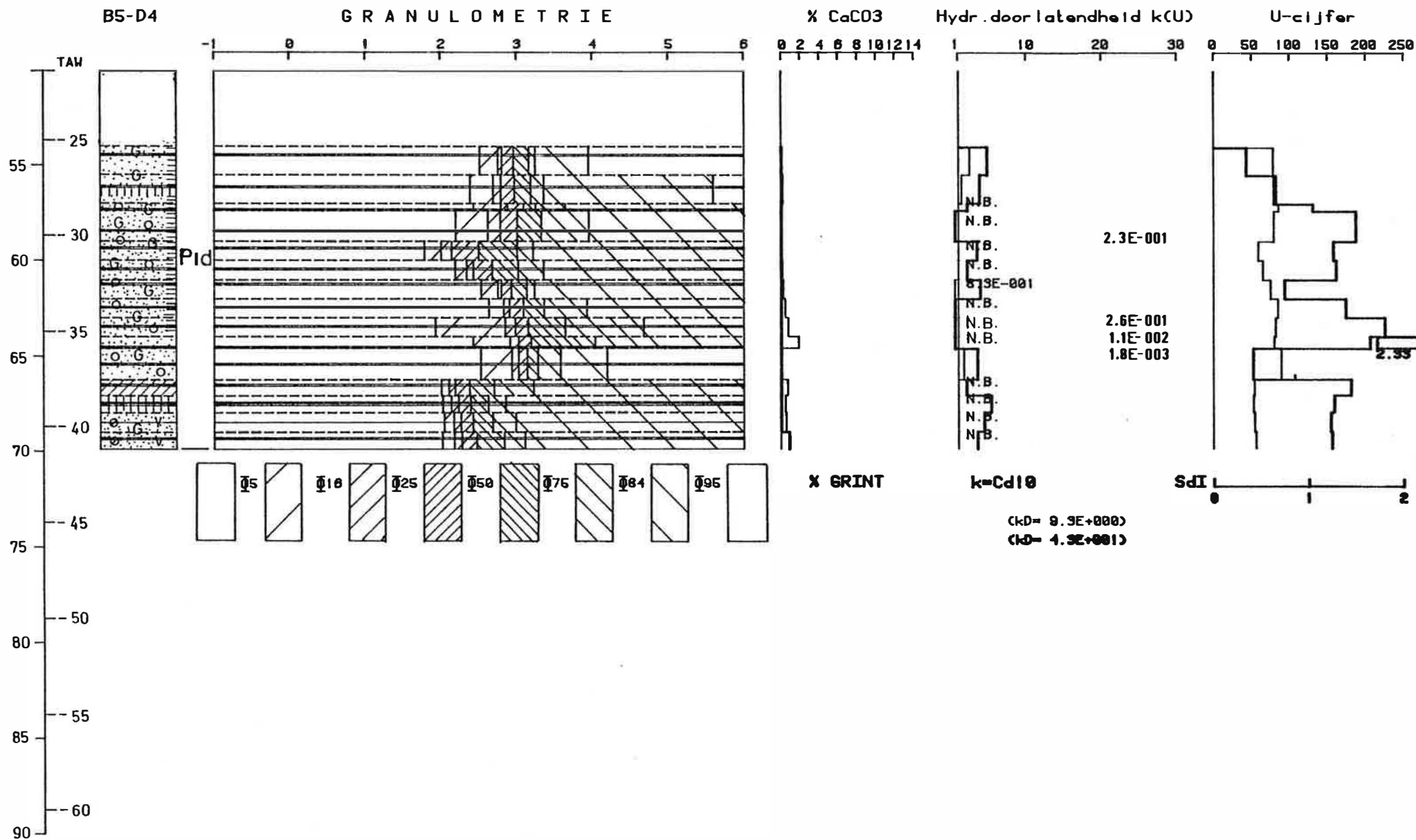
#### 4.7. Geologische kaart en hydrogeologische zonering

Om een beeld te krijgen van de laterale uitbreiding van de lagen in het studiegebied werd op plaat 22 een afgedekte geologische kaart getekend. Hierop is de dagzoom van de verschillende stratigrafische eenheden getekend.



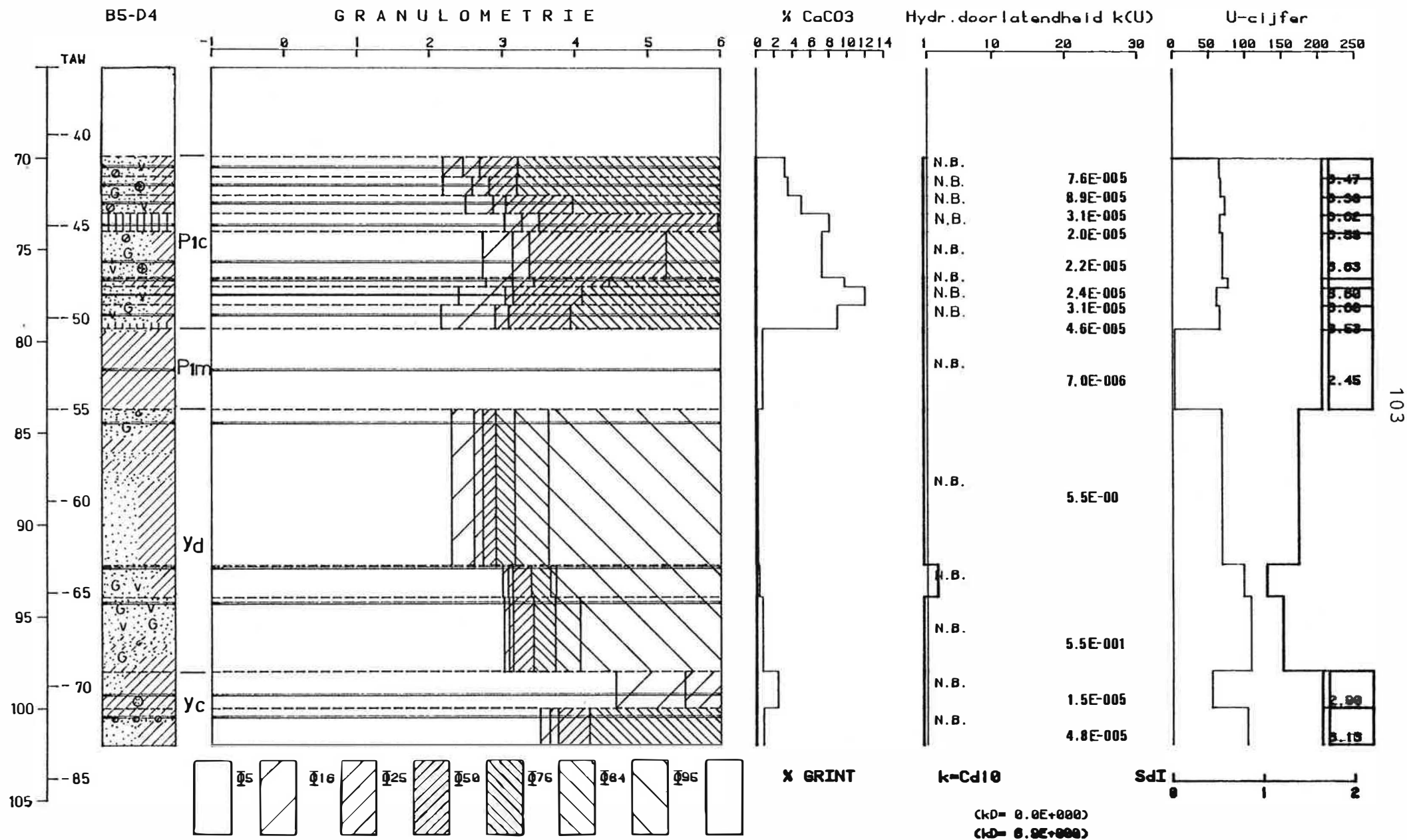


Figuur 4.14 - Hydrolitologisch profiel van de boring TGO 81-9/B5 + D4 : eenheden P2 en P1d (1e deel)



Figuur 4.15 - Hydrolitologisch profiel van de boring TGO 81-9/B5 + D4 : eenheid P1d (2e deel)





Figuur 4.16 - Hydrolitologisch profiel van de boring TGO-81/B5 + D4 : eenheden P1c, P1m, Yd en Yc

Op plaat 23 werd de hydrogeologische zonering aangeduid. Deze is gesteund op de opeenvolging van watervoerende, slecht-doorlatende en zeer slecht-doorlatende lagen. Specifiek voor iedere zone is dus de aan- of afwezigheid van één of meerdere lagen die hydrogeologisch belangrijk zijn.

In zone 1 ligt het watervoerende tot slecht-doorlatende Kwartair onmiddellijk op de meest watervoerende laag van het gebied, het P1d. In zone 2 zijn onder het Kwartair de iets minder watervoerende lagen van het P2 en We aanwezig en daaronder het P1d. In beide zones verschillen de stijghoogten in het Kwartair en die in het Ledo-Paniseliaan van elkaar.

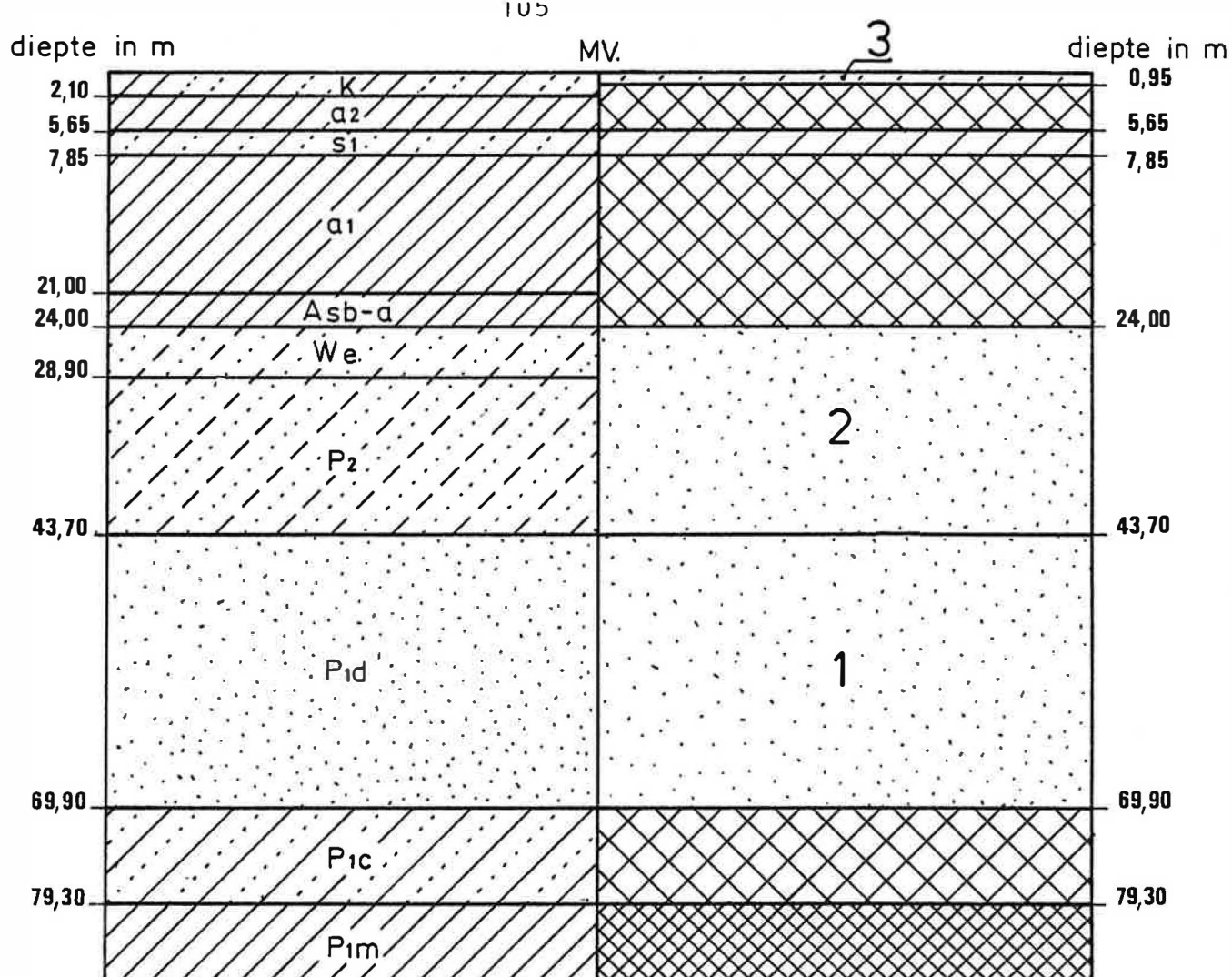
In zone 3 zijn er naast vorige lagen ook de zeer slecht-doorlatende lagen van het Bartoon aanwezig. In deze zone treden er grote verschillen op tussen de stijghoogten in het Kwartair en het Ledo-Paniseliaan.

#### 4.8. Geologische en hydrogeologische bouw

Als besluit van dit hoofdstuk werd in fig. 4.17 de geologische of litostratigrafische bouw van het studiegebied uitgezet t.o.v. de hydrogeologische bouw. Hierbij werd uitgegaan van de centraal gelegen boring B5.

Het hoofdzakelijk uit zand bestaande P1d is de beste watervoerende laag van het Ledo Paniseliaan. Ze vormt de eerste gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag van het beschouwde grondwaterreservoir. Het daaronder gelegen kleiige P1c is zeer slecht doorlatend, de P1m-klei kan als zeer slecht- tot nagenoeg ondoorlatend worden beschouwd.

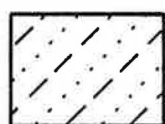
Het hoofdzakelijk uit kleihoudend zand bestaande P2 en We zijn duidelijk veel minder watervoerend dan het P1d, zoals blijkt uit de granulometrische analyses en hydrolitologische profielen. Er zit dus een niet te verwaarlozen hydraulische weerstand tussen deze lagen. Ook deze lagen zijn gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen, laag 2 op fig. 4.17.



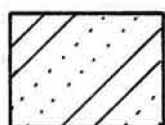
#### Legende geologische bouw



zand



klei - of leemhoudend  
zand



klei ÷ leem + zand

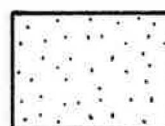


zandige klei tot kleihou-  
dend zand

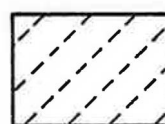


klei

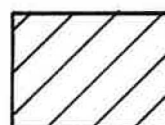
#### Legende hydrogeologische bouw



watervoerend



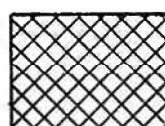
watervoerend tot slecht  
doorlatend



slecht doorlatend



zeer slecht doorlatend



zeer slecht doorlatend tot  
ondoorlatend

Fig. 4.17 Geologische en hydrogeologische bouw van het studiegebied  
( Boring TGO 81-9/B 5 )

Het daarboven gelegen Bartoon, bestaande uit een afwisseling van dikke kleilagen en dunnere kleihoudende zandlagen, kan als één pakket worden beschouwd met een vrij hoge hydraulische weerstand, vermoedelijk hoger dan bekomen uit de pompproef.

Tot slot is het Kwartair slecht-doorlatend tot water-voerend met een kleine hydraulische weerstand. Het vormt de derde watervoerende laag, die freatisch is.

## 5. STIJGHOOGTENVERLOOP

### 5.1. Tijd-stijghoogtelijnen

In bijlage 7 zijn de tijd-stijghoogtelijnen voorgesteld van die peilbuizen die in deze studie over een voldoende lange periode (meer dan 6 maand) werden opgemeten. Al de uitgevoerde peilronden zijn hierin opgenomen. De kurven werden allen van dezelfde tijdschaal voorzien, terwijl er voor de stijghoogte-as (in m + TAW) naar werd gestreefd een hoogteverschil van 3 m te gebruiken, zodat ze met elkaar kunnen vergeleken worden. De kurven werden per stratigrafische eenheid gegroepeerd.

Uit de enige kurve van het Kwartair blijkt dat de laagste stand werd opgetekend rond 1 november 1983, de hoogste stand rond februari 1984.

De peilbuizen in het Lid van Onderdale (s1) vertonen hun hoogste stand veel later, rond april-mei 1984.

Ook de tijd-stijghoogtelijnen uit het Lid van Wemmel vertonen hun hoogste stand rond april 1984. Hierbij dient opgemerkt dat de kurven van de peilbuizen B2, B3 en G-DB3 een volledig afwijkend patroon geven. Voor peilbuis B3 is dit te verklaren doordat de filter gedeeltelijk in het Asb-a zit; voor peilbuis G-DB3 omdat deze in een laagte van een weide gelegen is die regelmatig onderloopt, zodat er bij het peilen water van bovenaf inloopt; peilbuis B2 tenslotte is verdwenen sinds de peilronde van april 1984.

De peilbuizen in het Lid van Oedeleem vertonen hun hoogste stand later naarmate ze noordelijker gelegen zijn en door een dikker pakket Bartoon bedekt zijn. Waar enkel Kwartair boven deze laag voorkomt valt de hoogste stand rond februari 1984, in meer noordelijk gelegen boringen rond april 1984 of later. De kurve van peilbuis B4 vertoont een continue daling en deze peilbuis dient dan ook als onbetrouwbaar te worden beschouwd. Hetzelfde geldt voor peilbuis C3 die een abnormaal hoge stand weergeeft en A5/F1 die een continue stijging aangeeft.

Ook voor de peilbuizen van het Lid van Vlierzele blijkt de hoogste stand later te vallen naarmate er meer Bartoon op ligt. Een kurve met abnormaal grote verschillen wordt verkregen voor peilbuis A4; deze peilbuis kan als onbetrouwbaar worden beschouwd.

De peilbuis in het Lid van Egem tenslotte vertoont haar hoogste stand rond april 1984.

Algemeen kan men stellen dat in het studiegebied de stijghoogten op eenzelfde plaats lager zijn naarmate men diepere lagen beschouwd. Daarnaast blijken de stijghoogten in het Ledo-Paniseliaan kleinere verschillen in de tijd te vertonen naarmate er meer Bartoonklei op voorkomt.

## 5.2. Hydro-isohypsen

Op plaat 24 en 25 zijn de hydro-isohypsen of lijnen van gelijke stijghoogten van het Ledo-Paniseliaan, meer bepaald van het Lid van Vlierzele (P1d), voorgesteld, respektievelijk op 1/2/84 en 1/8/84. Het zijn momentopnamen. Hiervoor werden alle peilbuizen in het P1d, die betrouwbare metingen geven, aangewend.

De peilbuizen in het Lid van Wemmel en in het Lid van Oedelem, werden niet rechtstreeks gebruikt maar daar de verschillen met de stijghoogten in het Lid van Vlierzele vrij klein zijn wel als hulpmiddel voor het tekenen van de hydro-isohypsen aangewend.

Het verschil tussen de stijghoogten opgemeten op éénzelfde plaats in het Lid van Wemmel en het Lid van Oedelem enerzijds, en deze in het Lid van Vlierzele anderzijds, varieert tussen <0,1 m tot 0,7 m. Dit blijkt uit de peilmetingen van de recent geplaatste peilbuizen G-DB7/F1 en F2, G-DB8/F1 en F2, G-DB9/F1 en F2 en G-DB10/F1 en F2, waarbij de filter F1 in het Lid van Vlierzele en de F2 in het Lid van Wemmel of Oedelem steekt. Op plaat 24 en 25 werden beide stijghoogten weergegeven.

Naast de stijghoogten werd, in de zone waar het P1d dagzoomt onder het Kwartair, ook de topografie voor het tekenen van de hydro-isohypsen aangewend.

Waar te weinig gegevens voorhanden waren om hydro-isohypsen te kunnen tekenen, zoals ten noorden van het studiegebied, werd door extrapollatie het vermoedelijk verloop met een onderbroken lijn aangeduid. Deze voorstelling is ook gebruikt voor plaatsen waar bij gebrek aan gegevens het volledig juiste verloop niet te tekenen is. Hiervoor werd de meest waarschijnlijke interpretatie aangenomen, zoals ten oosten van het centrum van Knesselare.

De verschillen tussen de stijghoogten van 1/2/84 en 1/8/84 lopen op tot ca. 1 m in de zone waar geen Bartoonklei boven het P1d voorkomt. In de zone waar veel Bartoon boven het P1d ligt, zijn de verschillen zeer klein.

Uit de hydro-isohypsenkaarten blijkt er een west-oost gerichte grondwaterscheidingskam in het P1d te lopen juist ten noorden van de zone waar de Bartoonklei begint te dagzomen. Ten noorden van deze grondwaterscheiding stroomt het grondwater onder het Bartoon in noordelijke richting. Ten zuiden van deze kam stroomt het water in de richting van het Kanaal Gent-Brugge.

## 6. GRONDWATERKWALITEIT

### 6.1. Algemeen

De kwaliteit van het grondwater wordt in eerste instantie bepaald door de samenstelling van de neerslag na indamping.

Verder zal de waterkwaliteit gewijzigd worden door chemische processen zoals oplossing, ionenuitwisseling, hydrolyse, oxidatie en reductie, die optreden in de bodem, in de onverzadigde en in de verzadigde zone.

Bovendien kunnen in agrarische en in woongebieden door menselijke activiteiten zodanig veel stoffen aan de bodem toegevoegd worden, dat uitspoeling daarvan naar het grondwater een zeer grote invloed heeft op de kwaliteit van vnl. het ondiepe grondwater (VAN DUIJVENBOODEN, 1980). Naarmate de watervoerende laag beter beschermd is door een afsluitende kleilaag, wordt deze invloed beperkt.

### 6.2. Resultaten

Op plaat 26 is de ligging van de bemonsterde filterputten aangegeven.

De relatieve ionenverdeling is voorgesteld op de platen 27, 28 en 29.

De belangrijkste resultaten van het fysico-chemisch onderzoek zijn weergegeven in de tabellen 6.1, 6.2 en 6.3, waarin respectievelijk de onderzochte watermonsters uit het P1d, uit het We en P2, en uit de overige putten werden opgenomen.

Voor de volledige analyseresultaten en de ionenbalansen wordt verwezen naar bijlage 9.

Bij vergelijking van tabellen 6.1 en 6.2 valt geen duidelijk onderscheid op tussen de kwaliteit van de waters uit het P1d enerzijds, en uit het We en P2 anderzijds.

De waarden opgegeven voor opgeloste zuurstof en de hiermee samenhangende redoxpotentiaal dienen met voorbehoud te worden beschouwd. In vele gevallen kon, ondanks



Tabel 6.1. Resultaten van het fysico-chemisch onderzoek (putten in P1d)

	D2	D2	G-DB11	B5I/F1	B5II	B5III/F2	A2/F1	A4	G-DB12/F1
Datum monster-name	17/1/84	31/8/84	3/9/84	7/9/84	6/9/84	6/9/84	10/1/84	29/8/84	3/9/84
Diepte filter (m+m.v.)	39,5-41,5	39,5-41,5	52-54	57-59	57-59	58-60	30-32	36,65-38,65	52-54
pH	7,02	7,07	7,20	7,60	7,20	7,09	7,40	7,29	7,20
Redoxpotentiaal (mV)	+ 72	+ 154	+ 233	+ 186	+ 172	+ 144	+ 51	+ 317	+ 137
Watertemperatuur (°C)	10,9	11,0	11,1	10,8	11,1	11,0	10,4	11,2	11,4
Opgeloste O <sub>2</sub> (%)	3	31	138	104	64	48	4	100	32
Geleidbaarheid bij 20 °C (µS/cm)	424	471	739	695	671	684	390	457	455
Agressief CO <sub>2</sub> (mg/l)	0	1,76	0	0	0,44	0	2,86	0	0
Totale hardheid (Fr°)	25,11	24,25	40,80	40,20	38,02	35,80	19,15	24,45	21,11
Tijdelijke hardheid (Fr°)	18,10	-	-	-	-	-	5,95	-	-
Blijvende hardheid (Fr°)	7,01	-	-	-	-	-	13,20	-	-
TAC (Fr°)	21,01	20	25,4	26,9	27,65	29,05	7,58	25,05	20,05

Tabel 6.1. Resultaten van het fysico-chemisch onderzoek (putten in P1d) (vervolg)

	D2	D2	G-DB11	B5I/F1	B5II	B5III/F2	A2/F1	A4	G-DB12/F1
Ionen (mg/l)									
Na <sup>+</sup>	13,38	18,85	19,49	14,89	13,94	20,91	16,04	9,51	41,03
K <sup>+</sup>	3,74	3,91	8,65	10,29	11,27	14,04	9,06	5,23	6,37
Ca <sup>2+</sup>	80,72	83,03	140,54	131,92	127,94	96,79	67,71	85,35	72,26
Mg <sup>2+</sup>	6,40	8,46	13,71	17,52	14,66	28,01	2,02	7,63	7,39
Fe <sup>2+</sup> (+Fe <sup>3+</sup> )	4,04	3,01	0,88	1,02	1,68	5,04	0,86	3,80	2,65
Mn <sup>2+</sup>	0,15	0,10	0,40	0,13	0,26	1,16	0,22	0,13	0,22
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,45	0,31	0,25	0,22	0,66	1,63	0,13	0,47	0,69
Cl <sup>-</sup>	37,33	35,03	39,96	24,75	19,82	43,05	34,0	18,30	18,76
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	16,67	29,64	129,45	115,66	120,19	76,76	106,8	13,38	37,04
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,08	0,62	0,40	0,37	0,77	0,62	0,03	0,48	0,26
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0,03	0,07	0	0,07	0	0,02	0,08	0,03
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	256,32	244	309,9	328	337,3	354,4	92,42	305,6	244,6
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,51	0	0,52	0,87	0,74	0,65	0,06	3,74	0,48

Tabel 6.1. Resultaten van het fysico-chemisch onderzoek (putten in Pld) (vervolg).

	G-DB7/F1	G-DB10/F1	G-DB9/F1	G-DB4	G-DB4	G-DB8/F1	G-MB22	G-MB23	G-MB24
Datum monster-name	5/9/84	4/9/84	31/8/84	9/1/84	14/6/84	30/8/84	9/1/84	14/6/84	9/1/84
Diepte filter (m+m.v.)	40,2-42,2	51,5-53,5	43,7-45,7	24-25	24-25	29-31	12	13,8-14,8	13,9
pH	7,38	7,16	7,11	7,42	7,52	7,28	7,23	7,36	6,81
Redoxpotentiaal (mV)	+172	+ 162	+ 129	+ 4	+ 24	+ 119	+ 25	+ 64	+147
Watertemperatuur (°C)	11,1	11,3	10,7	10,7	10,8	11,2	10,5	10,4	10,5
Opgeloste O <sub>2</sub> (%)	129	70	36	4	1	31	6	4	27
Geleidbaarheid bij 20°C (µS/cm)	468	600	743	1090	1354	564	669	465	530
Agressief CO <sub>2</sub> (mg/l)	0	0	1,10	0	0	0	0	0,22	9,97
Totale hardheid (Fr°)	24,49	29,60	38,50	73,33	71,71	31,91	40,13	21,85	31,01
Tijdelijke hardheid (Fr°)	-	-	-	19,54	19,76	-	18,41	10,98	17,85
Blijvende hardheid (Fr°)	-	-	-	53,79	51,95	-	21,72	10,87	13,16
TAC (Fr°)	22,55	21,05	24,35	20,52	20,2	26,45	20,47	13,4	19,14

Tabel 6.1. Resultaten van het fysico-chemisch onderzoek (putten in Pld) (vervolg).

	G-DB7/F1	G-DB10/F1	G-DB9/F1	G-DB4	G-DB4	G-DB8/F1	G-MB22	G-MB23	G-MB24
Ionen (mg/l)									
Na <sup>+</sup>	12,20	24,24	24,40	50,00	51,65	5,54	25,35	14,45	15,20
K <sup>+</sup>	3,59	8,00	8,33	9,43	8,11	2,45	1,00	11,65	6,53
Ca <sup>2+</sup>	84,52	98,94	130,43	266,72	267	119,99	145,63	74,8	102,22
Mg <sup>2+</sup>	7,63	11,44	14,30	7,84	8,7	4,53	5,27	5,9	7,92
Fe <sup>2+</sup> (+Fe <sup>3+</sup> )	1,37	2,79	5,00	2,79	2,9	2,83	4,55	0,8	0,63
Mn <sup>2+</sup>	0,25	0,14	0,56	0,22	0,18	0,31	0,35	0,12	0,29
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,39	0,29	0,51	0,14	0,13	0,06	0,50	0,79	0,92
Cl <sup>-</sup>	32,13	39,04	42,87	179,61	177	23,69	74,20	32,8	52,44
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	13,58	92,20	133,56	370,82	385,46	39,93	140,34	82,32	66,88
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,37	0,40	0,65	0,32	0	0,74	0,06	0	0,11
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,06	0,05	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	275,1	256,8	297,1	250,34	246,44	322,7	249,73	163,79	233,45
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,74	0,74	1,00	0,04	0,56	4,22	0,06	0,74	0,06

Tabel 6.2. Resultaten van het fysico-chemisch onderzoek (putten in We en P2).

	Private put BGD 24W/68	E3	D3	D5	Private put BGD 39E/67	B1	B5I/F2	G-MB7
Datum monster- name	10/1/84	24/8/84	24/8/84	28/8/84	14/2/84	10/1/84	7/9/84	10/1/84
Diepte filter (m+m.v.)	26	39,6-41,6	39,3-41,3	36-38	30	7-9	27-29	8,5-9,5
Aangetapte waterlaag	We	P2	P2	P2	P2	We/P2	We	P2
pH	7,23	7,27	7,30	7,34	6,02	7,51	7,77	7,55
Redoxpoten- tiaal (mV)	+ 207	+ 117	+ 104	+ 122	+ 143	+ 87	+ 330	+ 84
Watertempe- ratuur (°C)	10,4	11,4	10,8	11,0	10,4	10,6	10,4	11,4
Opgeloste O <sub>2</sub> (%)	23	34	13	23	30	4	81	87
Geleidbaar- heid bij 20°C (µS/cm)	556	584	427	619	409	664	798	502
Agressief CO <sub>2</sub> (mg/l)	0	0	0,88	0	0	0	0	0
Totale hard- heid (Fr°)	33,75	31,91	22,62	33,29	27,91	41,81	36,99	29,00
Tijdelijke hardheid (Fr°)	30,87	-	-	-	22,54	19,11	-	14,61

Tabel 6.2. Resultaten van het fysico-chemisch onderzoek (putten in We en P2). (vervolg)

	Private put BGD 24W/68	E3	D3	C5	Private put BGD 39E/67	B1	B5I/F2	G-MB7
Blijvende hardheid (Fr°)	2,88	-	-	-	5,37	22,70	-	14,39
TAC (Fr°)	36,38	26,2	20,4	27,95	24,84	20,43	12,7	15,77
Ionen (mg/l)								
Na <sup>+</sup>	11,48	11,09	12,20	10,46	18,73	29,97	30,89	16,25
K <sup>+</sup>	32,11	11,27	6,04	14,21	3,25	4,82	26,94	1,44
Ca <sup>2+</sup>	73,81	91,32	73,58	93,30	96,11	137,23	92,48	106,92
Mg <sup>2+</sup>	31,99	20,86	10,37	24,20	6,79	9,52	33,50	1,98
Fe <sup>2+</sup> (+Fe <sup>3+</sup> )	1,00	1,50	1,02	1,86	0,04	4,38	0,66	1,21
Mn <sup>2+</sup>	0,06	0,10	0,10	0,10	0,01	0,55	0,13	0,42
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,10	0,79	0,96	0,41	0,55	0,40	0,76	0,06
Cl <sup>-</sup>	17,78	22,45	13,97	31,98	39,29	46,19	54,89	80,89
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,41	59,68	26,75	49,60	6,79	208,87	257,46	66,06
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,17	0,60	0,37	0,60	0,27	0,12	0,62	0,06
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0,04	0,05	0,08	0,01	0,01	0,01	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	443,78	319,65	248,9	341,0	302,99	249,19	155	192,33
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,25	2,61	3,48	4,22	1,09	0,04	0,22	0,03

Tabel 6.2. Resultaten van het fysico-chemisch onderzoek (putten in We en P2) (vervolg).

	G-DB12/F2	G-DB7/F2	A5/F1	A5/F2	G-DB10/F2	G-DB9/F2	G-DB8/F2
Datum monster-name	29/8/84	5/9/84	28/8/84	5/9/84	4/9/84	31/8/84	30/8/84
Diepte filter (m±m.v.)	19,1-21,1	21,8-23,8	32,3-34,3	16,2-18,2	15,5-17,5	8,9-10,9	4-6
Aangetapte waterlaag	P2	P2	P2	We	We	We	P2
pH	7,14	7,28	7,29	7,68	6,99	7,14	6,98
Redoxpotentiaal (mV)	+ 134	+ 174	+93	+ 102	+ 166	+ 156	+ 153
Watertemperatuur (°C)	11,1	10,9	11,5	11,6	11,3	10,0	11,9
Opgeloste O <sub>2</sub> (%)	88	128	5	95	114	29	17
Geleidbaarheid bij 20°C (µS/cm)	646	432	714	848	1168	835	1034
Agressief CO <sub>2</sub> (mg/l)	0	0	1,10	0	0	0	0
Totale hardheid (Fr°)	33,61	28,02	38,69	49,09	67,50	44,88	55,48
Tijdelijke hardheid (Fr°)	-	-	-	-	-	-	-
Blijvende hardheid (Fr°)	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 6.2. Resultaten van het fysico-chemisch onderzoek (putten in We en P2) (vervolg).

	G-DB12/F2	G-DB7/F2	A5/F1	A5/F2	G-DB10/F2	G-DB9/F2	G-DB8/F2
TAC (Fr°)	28,65	29,55	22,75	31,85	25,45	31,1	38,7
Ionen (mg/l)							
Na <sup>+</sup>	15,68	11,88	18,85	23,29	51,33	21,68	43,09
K <sup>+</sup>	2,78	5,55	7,35	16,00	11,75	2,28	5,06
Ca <sup>2+</sup>	121,31	91,48	124,30	134,41	194,07	164,40	218,10
Mg <sup>2+</sup>	8,23	12,16	18,60	37,43	45,30	9,18	2,50
Fe <sup>2+</sup> (+Fe <sup>3+</sup> )	3,72	2,70	2,17	1,86	3,85	0,27	2,34
Mn <sup>2+</sup>	0,16	0,23	0,25	0,26	0,54	0,40	0,22
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,43	0,19	0,86	0,21	0,68	0,25	0,29
Cl <sup>-</sup>	47,52	13,51	53,97	99,29	66,24	60,57	82,41
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	30,87	5,56	112,16	94,67	393,70	118,34	107,22
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,60	0,51	0,11	0,51	0,85	1,02	14,65
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,07	0,07	0,07	0,04	0,01	0,03	0,20
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	349,5	360,5	277,6	388,6	310,5	379,4	472,1
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	4,22	0,78	2,61	0,48	0,22	0,48	4,44



Tabel 6.3. Resultaten van het fysico-chemisch onderzoek (overige putten).

	D4/F1	D4/F3	B5III/F1	B5III/F1	B5III/F1	A2/F2	G-DB12/F3
Datum monster-name	23/8/84	23/8/84	8/12/83	13/12/83	6/9/84	14/6/84	3/9/84
Diepte filter (m+m.v.)	84-94	28-70	24-73	24-73	24-73	8,5-10,5	6,7-8,7
Aangetapte waterlaag	Yd	We/P2/P1d	We/P2/P1d/P1c	We/P2/P1d/P1c	We/P2/P1d/P1c	K	K
pH	7,20	7,14	7,05	7,18	7,09	5,57	7,10
Redoxpotential (mV)	+ 99	+ 99	+ 179	+ 91	+ 148	+ 297	+ 119
Watertemperatuur (°C)	11,5	11,3	10,7	10,9	10,8	10,8	11,4
Opgeloste O <sub>2</sub> (%)	28	22	36	2	51	8	24
Geleidbaarheid bij 20°C (µS/cm)	615	598	676	652	694	647	785
Agressief CO <sub>2</sub> (mg/l)	0	0	0	0	0	49,61	0
Totale hardheid (Fr°)	31,59	31,43	36,47	36,9	36,31	22,55	40,91
Tijdelijke hardheid (Fr°)	-	-	26,13	26,3	-	1,24	-

Tabel 6.3. Resultaten van het fysico-chemisch onderzoek (overige putten) (vervolg).

	D4/F1	D4/F3	B5III/F1	B5III/F1	B5III/F1	A2/F2	G-DB12/F3
Blijvende hardheid (Fr°)	-	-	10,34	10,6	-	21,31	-
TAC (Fr°)	24,5	23,9	26,9	27,31	27,9	2,43	19,2
Ionen (mg/l)							
Na <sup>+</sup>	18,69	17,90	17,2	16,68	21,70	47	28,99
K <sup>+</sup>	10,78	8,33	11,08	11,46	15,51	7,31	10,78
Ca <sup>2+</sup>	99,11	105,90	105,49	112,60	93,47	58,4	148,82
Mg <sup>2+</sup>	15,85	12,04	20,57	20,36	30,99	19,3	8,70
Fe <sup>2+</sup> (+Fe <sup>3+</sup> )	2,08	2,34	1,30	1,11	3,85	1,5	7,34
Mn <sup>2+</sup>	0,32	0,26	0,18	0,09	0,93	0,22	0,42
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,87	0,63	0,76	0,53	1,54	0	0,16
Cl <sup>-</sup>	19,68	26,13	26,55	25,99	44,89	46,4	57,48
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	85,82	80,67	100,54	100,74	104,55	260,95	181,72
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,51	0,60	1,39	1,08	0,60	0	0,09
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	298,9	291,6	327,88	333,18	340,4	29,59	234,2
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,57	1,57	2,56	0,41	1,17	0,56	0,22

de getroffen voorzorgsmaatregelen, toch nog beluchting van het water optreden, en wel door volgende oorzaken :

- een te laag maximaal debiet van de aangepompte put, waardoor lucht mee opgepompt werd
- de aanwezigheid van lucht in de watervoerende laag in de omgeving van de filter, als gevolg van het reinigen van de put met een compressor
- lekkage van de door perslucht aangedreven motor van de pompelpomp, waardoor lucht in het watervoerend gedeelte van de pomp terecht kon komen.

Tengevolge van dit kontakt met lucht, kunnen de gemeten waarden voor opgeloste  $O_2$  boven de 8 %, en de ermee gepaard gaande redoxpotentialen, zeker niet meer als representatief voor de toestand in het watervoerend pakket beschouwd worden.

### 6.3. Bespreking van de resultaten per parameter

In de hierna volgende paragrafen wordt de kwaliteit van het onderzochte water getoetst aan de richtlijnen van het koninklijk besluit van 27 april 1984 betreffende de kwaliteit van het leidingwater, verschenen in het Belgisch Staatsblad van 6 juli 1984, en in voege vanaf 15 juli 1985.

#### 6.3.1. Zuurtegraad

De meeste watermonsters zijn neutraal, en voldoen dus aan de normen voor drinkbaarheid. De waters uit de private put BGD-39E/67 en uit filterput A2/F2 zijn zuurder dan toelaatbaar volgens de norm ( $pH \geq 6,5$ ).

#### 6.3.2. Elektrisch geleidingsvermogen

De geleidbaarheid van water wordt bepaald door het aantal ionen in oplossing.

Door DE MOOR en DE BREUCK (1969) is een indeling van het grondwater uitgewerkt naargelang van zijn geleidbaarheid (tabel 6.4).

Tabel 6.4 - Indeling van het grondwater naar de geleidbaarheid (naar DE MOOR en DE BREUCK, 1969)

Geleidbaarheid (18°C) μS/cm	Geleidbaarheid (20°C) μS/cm	Kwalitatieve beoordeling
<200	<209	zeer zoet
200-400	209-418	zoet
400-800	418-837	matig zoet
800-1600	837-1674	zwak zoet
1600-3200	1674-3347	matig brak

De meeste bemonsterde putten leveren matig zoet water, behalve enkele ondiepe putten (G-DB8/F2 en G-DB10/F2) en G-DB4, waar het water zwak zoet is.

In het algemeen vertoont het grondwater uit de ondiepe putten hogere geleidbaarheden dan in de diepere putten, vnl. in het P1d (tabel 6.5). Een verklaring hiervoor kan gezocht worden in de langere verblijftijd van het water in de minder permeabele lagen dichtbij de Bartoonklei, waardoor het water meer ionen uit het sediment kan opnemen. In enkele gevallen speelt echter duidelijk de invloed van menselijke activiteit een rol, zoals in G-DB8/F2, gesitueerd bij een varkenskwekerij, en in G-DB4, waar de gekoncentreerde bewoning van Ursel-centrum zich doet gelden.

Het maximaal toelaatbaar geleidingsvermogen voor elektriciteit bij 20°C, nl. 2100 μS/cm, wordt in geen geval bereikt.

### 6.3.3. Chlorides

Een bijdrage tot de verandering van de geleidbaarheid in functie van de diepte wordt geleverd door de  $\text{Cl}^-$ -ionen (tabel 6.5).

HOOGHART (1980) vermeldt dat een verhoging van het  $\text{Cl}^-$ -gehalte (naast hogere  $\text{SO}_4^{2-}$ -,  $\text{K}^+$ - en  $\text{NO}_3^-$ -koncentraties) kan toegeschreven worden aan het gebruik van drijfmest.

Tabel 6.5 - Geleidbaarheid, chloride- en bicarbonaatgehalte, en alkaliniteit t.o.v. methyloranje (TAC) in functie van de diepte in de beschouwde watervoerende laag

Bemonsterde filterput	Filterdiepte (m ÷ m.v.)	Litostratigrafische eenheid	Geleidbaarheid 20°C (µS/cm)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	TAC (Fr°)
A2/F1	30-32	P1d	390	34	92	7,58
F2	8,5-10,5	K	647	46	30	2,43
A5/F1	32,5-34,3	P2	714	54	278	22,75
F2	16,2-18,2	We	848	99	389	31,85
B5-I/F1	57-59	P1d	695	25	328	26,9
F2	27-29	We	798	55	155	12,7
G-DB12/F1	52-54	P1d	455	19	245	20,05
A4	36,65-38,65	P1d	457	18	305	25,05
G-DB12/F2	19,1-21,1	P2	646	48	350	28,65
G-DB12/F3	6,7-8,7	K	785	57	234	19,20
G-DB7/F1	40,2-42,2	P1d	468	32	275	22,55
F2	21,8-23,8	P2	432	14	361	29,55
G-DB8/F1	29-31	P1d	564	24	323	26,45
F2	4-6	P2	1034	82	472	38,7
G-DB9/F1	43,7-45,7	P1d	743	43	297	24,35
F2	8,9-10,9	We	835	61	379	31,10
G-DB10/F1	51,5-53,5	P1d	600	39	257	21,05
F2	15,5-17,5	We	1168	66	311	25,45

DE VRIENDT (1979) wijt een verhoogd chloridegehalte in ondiep grondwater aan de aanwezigheid van meststoffen, aalputten en wegenzout.

In boring G-DB4 stellen we de hoogste  $\text{Cl}^-$ -concentratie vast, die dient te worden toegeschreven aan verontreiniging van het grondwater vanuit Ursel-centrum.

In de overige putten is het chloridegehalte evenwel vrij laag tot zeer laag, en nergens wordt de norm van 200 mg/l  $\text{Cl}^-$  overschreden.

#### 6.3.4. Sulfaten

De onderzochte waterstalen vertonen meestal een vrij hoog tot hoog sulfaatgehalte. Dit kan verklaard worden door de aanwezigheid van pyriet in het Paniseliaan, waaruit door oxidatie grote hoeveelheden ijzer en sulfaat in oplossing kunnen gaan.

Een opvallend hoge sulfaatkonzentratie wordt vastgesteld in boring G-DB4. Dit dient opnieuw in verband gezien te worden met vervuiling van het grondwater vanuit de gemeentekern van Ursel.

De hoge concentraties in de ondiepe filters A2/F2 en B1 (beide op weiland gesitueerd) kunnen zijn veroorzaakt door agrarische aktiviteit (bemesting).

De richtnorm van 250 mg/l  $\text{SO}_4^{2-}$  wordt slechts overschreden in voornoemde gevallen van lokale verontreiniging.

#### 6.3.5. Nitraten en nitrieten

Nitraten en nitrieten zijn in de watermonsters ofwel geheel afwezig, ofwel aanwezig in uiterst kleine hoeveelheden.

Onder de reducerende omstandigheden die in het grondwater heersen worden zij door denitrifikatie omgezet tot gasvormig stikstof.

Zowel voor nitraten als voor nitrieten wordt de norm van respektievelijk 50 mg/l  $\text{NO}_3^-$  en 0,1 mg/l  $\text{NO}_2^-$  nooit bereikt, behalve in de zeer ondiepe (4-6 m) filter G-DB8/F2 ( $\text{NO}_2^-$  : 0,2 mg/l), waar vanaf de oppervlakte veel stikstof

wordt toegevoerd (varkenskwakerij), en waar het denitrifikatieproces blijkbaar nog niet voldoende ver is gevorderd.

#### 6.3.6. Ammonium

Door VAN VAERENBERGH-REDANT (1979) is gewezen op de sterke korrelatie tussen de afwezigheid van nitraten en de aanwezigheid van grote hoeveelheden ammonium, samen met veel ijzer. Dit betekent echter niet dat de nitraten zouden gereduceerd worden tot ammonium (BAARS, 1960), maar wel zijn grote hoeveelheden ammonium en ijzer stabiel onder de reducerende omstandigheden waarbij denitrifikatie optreedt. Het ammonium is ontstaan als afbraakprodukt van organische stof.

De ammoniumgehalten die aangetroffen worden in de onderzochte waterstalen zijn vrij hoog tot hoog en in veel gevallen wordt de norm van 0,5 mg/l overschreven.

#### 6.3.7. Alkaliniteit

De alkaliniteit van een water wordt veroorzaakt door de erin aanwezige bicarbonaationen.

In de onderzochte waterstalen neemt de alkaliniteit een gemiddelde waarde aan van 20 à 25 Fr°. Dit is matig alkalisch.

Opvallend is dat de ondiepe putten meestal een licht hogere alkaliniteit vertonen t.o.v. de diepere putten (tabel 6.5). Dit kan in verband gezien worden met de situering van de ondiepe filters in meer kleiige sedimenten, en nabij de basis van het Bartoon-kleipakket. Kleiige afzettingen bevatten doorgaans meer organisch materiaal, hetgeen ook blijkt uit het onderzoek van de grondmonsters van boringen B5 en D4. Ontbinding van dit organisch materiaal resulteert in de produktie van  $\text{CO}_2$ , en in aanwezigheid van  $\text{CaCO}_3$  worden  $\text{Ca}^{2+}$ - en  $\text{HCO}_3^-$  ionen gevormd, waardoor de hardheid en de alkaliniteit stijgen (MEINARDI, 1976).

#### 6.3.8. Hardheid

Van alle watermonsters werd de totale hardheid onderzocht. De tijdelijke en blijvende hardheden werden slechts bepaald bij de 14 monsters waarop een totaalanalyse werd uitgevoerd.

Het bestudeerde water is tamelijk hard (gem. >30 Fr°). De hardheid veroorzaakt door bicarbonaten (tijdelijke hardheid), en deze veroorzaakt door sulfaten (blijvende hardheid) liggen in het algemeen even hoog.

Behalve in G-DB4 wordt de totale hardheidsgrens van 270 mg/l Ca of equivalente kationen niet overschreden. Het water uit G-DB4 vertoont een hoge hardheid tengevolge van verontreiniging met sulfaten.

#### 6.3.9. Natrium en kalium

Het natriumgehalte van de onderzochte watermonsters schommelt rond 20 mg/l, en blijft daarmee ver beneden de toelaatbare grenswaarde van 150 mg/l.

Het kaliumgehalte bedraagt gemiddeld ca. 10 mg/l, en in enkele gevallen wordt de toelaatbaarheidsgrens van 12 mg/l licht overschreden. Opvallend hogere  $K^+$ -waarden treffen we aan in enkele putten in het kleiige We, nl. de private put BGD-24W/68, B5-I/F2, en in mindere mate A5/F2. Dit kan worden verklaard als een gevolg van ionenuitwisseling van het water met de kleideeltjes.

#### 6.3.10. IJzer

Het ijzer in de Paniseliaanwaters is ontstaan door oplossing van pyriet ( $FeS_2$ ). Door de reducerende omstandigheden in het grondwater kan het ijzer in oplossing blijven. Bij op-pompen van het water wordt het ijzer echter geoxideerd en vormt een bruine neerslag, hetgeen het water ongeschikt maakt voor talrijke huishoudelijke en industriële doeleinden.

De concentratie aan opgelost ijzer is in de beschouwde watervoerende laag hoog tot zeer hoog. De norm van 200  $\mu g/l$  Fe wordt ruimschoots overschreden.

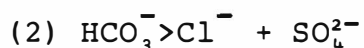
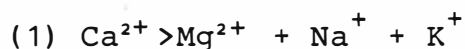
#### 6.3.11. Mangaan

Mangaan gedraagt zich analoog aan ijzer. De mangaangehaltes zijn eveneens relatief hoog, en de norm van 50  $\mu g/l$  Mn wordt sterk overschreden.



#### 6.4. Typering van de onderzochte waters

Algemeen behoren de onderzochte waters tot het calciumbicarbonaatype; d.w.z. dat ze voldoen aan de volgende voorwaaren :



Het water uit de volgende putten voldoet echter niet aan deze voorwaarden :

- G-MB22 : door de verhoogde  $\text{Cl}^-$  en  $\text{SO}_4^{2-}$ -gehalten wordt niet voldaan aan voorwaarde (2)
- G-MB7 : ten gevolge van een hoger  $\text{Cl}^-$ -gehalte beantwoordt dit water niet aan voorwaarde (2)
- G-DB4 : sterk verhoogde  $\text{Cl}^-$ - en  $\text{SO}_4^{2-}$ -gehalten staan het beantwoorden aan voorwaarde (2) in de weg
- A2/F1 : door een lager  $\text{HCO}_3^-$ -gehalte wordt niet voldaan aan de 2e voorwaarde
- A2/F2 : door een lager  $\text{HCO}_3^-$ -gehalte en een verhoogd  $\text{SO}_4^{2-}$ -gehalte beantwoordt dit water niet aan voorwaarde (2)
- B1 : een verhoogd  $\text{SO}_4^{2-}$ -gehalte verhindert dat aan voorwaarde (2) wordt voldaan
- de private put BGD-24W/68 voldoet niet aan voorwaarde (1) ten gevolge van een verhoogd Mg-gehalte.

De verhoogde  $\text{Cl}^-$  en  $\text{SO}_4^{2-}$ -gehalten, vnl. vastgesteld in relatief ondiepe putten, kunnen toegeschreven worden aan menselijke aktiviteit (gebruik van meststoffen, aanwezigheid van aalputten, ...). Eventueel kunnen plaatselijk hogere concentraties van pyriet bijdragen tot verhoogde  $\text{SO}_4^{2-}$  gehalten.

De lagere  $\text{HCO}_3^-$ -gehalten in A2/F1 en A2/F2, samen met de vastgestelde aanwezigheid van agressief  $\text{CO}_2$ , getuigen van een tekort aan kalk in de sedimenten. Tevens worden hier de laagste  $\text{Ca}^{2+}$ -gehalten genoteerd.

### 6.5. Besluit

Het grondwater uit het Paniseliaan is in het studiegebied over het algemeen een matig zoet water van het calcium-bicarbonaattype. Het is tamelijk hard en vrij goed gebufferd.

Het bevat typisch hoge sulfaat-, ijzer- en mangaan-koncentraties. Nitraat en nitriet zijn vrijwel afwezig, maar ammonium is in relatief belangrijke mate aanwezig.

Het gemiddelde water bevat hogere ijzer-, mangaan- en ammoniumgehalten dan toelaatbaar volgens de richtlijnen van het koninklijk besluit van 27 april 1984 betreffende de kwaliteit van het leidingwater.

Waar de watervoerende Paniseliaanlaag niet of onvoldoende door een afdekkend kleipakket is beschermd, kan de waterkwaliteit door antropogene beïnvloeding worden gewijzigd, wat zich vooral uit in een toename van de chloride- en sulfaat-koncentraties.

## 7. MATEMATISCH MODEL

### 7.1. Algemeen

Het mathematisch model werd opgesteld met de in de studie verzamelde gegevens. De berekende stijghoogten worden vergeleken met waargenomen stijghoogten in de verschillende gedeeltelijk-afgesloten watervoerende lagen. Het doel van het mathematisch model is de kennis verruimen wat betreft de verticale stroming en de hydraulische weerstand tussen de freatische en de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen. Door het gering aantal stijghoogtewaarnemingen, waardoor het vergelijkingsmateriaal beperkt is, werd dan ook een eenvoudig model opgesteld. Dit model zal ons alleen toelaten de orde van grootte van de op te sporen parameters te bepalen. Juiste waarden van de verticale stromingen, de hydraulische weerstand en mogelijke laterale veranderingen in deze parameters kunnen niet verwacht worden. Met het verkregen inzicht in de orde van grootte van deze parameters zal een pumping gesimuleerd worden van ca. 2 miljoen m<sup>3</sup>/jaar in de doorlatende tertiaire afzetting van het gebied zoals gevraagd tijdens een van de stuurgroepvergaderingen.

### 7.2. Schematisatie van het grondwaterreservoir

Uit de litostratigrafie leiden we de opbouw van het grondwaterreservoir af. In het mathematisch model wordt deze opbouw vereenvoudigd tot een stel van doorlatende lagen die van elkaar gescheiden zijn door slecht-doorlatende lagen. In de doorlatende lagen beschouwen we de stroming evenwijdig met de gelaagdheid, in de slecht-doorlatende lagen beschouwen we de stroming loodrecht op de gelaagdheid.

De basis van het grondwaterreservoir wordt gelegd op het P1c en het P1m. De grondwaterbeweging in deze lagen wordt in het model ontkend. De onderste doorlatende laag is het P1d. Deze wordt verder aangeduid als laag 1 van het mathematisch model. De tweede doorlatende laag, laag 2, wordt gevormd door de iets minder doorlatende lagen P2, We. Daar deze laatste lagen minder doorlatend zijn kunnen we tussen deze lagen een zekere hydraulische weerstand beschouwen.

Laag 3 is tenslotte de freatische watervoerende laag. Deze is van laag 2 gescheiden door een zeer slecht-doorlatende laag die kan samengesteld zijn uit Asb-a, a1, s1, a2, s2 en a3.

### 7.3. Begrenzing van het mathematisch model

De grenzen van het gebied waarin de grondwaterstroming berekend werd wijken een weinig af van het tot nu toe behandelde studiegebied. Deze grenzen werden gewijzigd steunend op de in deze studie verzamelde gegevens wat betreft topografie, morfologie, hydrografie, litostratigrafie en stijchoogten. Omwille van het gering aantal stijchoogtegegevens werd een eenvoudig rechthoekig gebied gekozen. De langste rechthoekzijde werd evenwijdig gelegd aan de dominerende stroomrichting in het model gebied. Dit is de richting N10°W. De benedengrens of "Zuid-grens" van het modelgebied loopt ongeveer in de as van de depressie van het kanaal Gent-Brugge, hierna de Kanaaldepressie genoemd. De bovengrens of "Noord-grens" van het modelgebied loopt op de overgang van het heuvelgebied naar de Vlaamse Vallei in het noorden. De linkergrens of "West-grens" loopt door de vallei van de Slabbaartsbeek over een zadeldal naar de vallei van de Vijverkebeek : deze grens ligt op de scheiding van de heuvels Oedelem en de heuvels Knesselare-Ursel. De rechtergrens of "Oost-grens" loopt door de vallei van de Leensvoorbeek over een zadeldal naar de vallei van de Wagenmakersbeek : deze grens vormt de scheiding tussen de heuvels Knesselare-Ursel en de heuvels van Zomergem.

Het rechthoekig modelgebied werd ingedeeld in een netwerk van gelijke cellen, vierkanten met een zijde van 250 m. Het netwerk bevat 29 kolommen en 36 rijen. In de eerste en laatste kolom worden de randvoorwaarden aangeduid alsook in de eerste en laatste rij. Het bestudeerde gebied heeft een breedte van 6.750 m en een hoogte van 8.500 m. De oppervlakte bedraagt 57.375.000 m<sup>2</sup> en werd ingedeeld in 918 cellen met een oppervlakte van 62.500 m<sup>2</sup>.

#### 7.4. Randvoorwaarden van het mathematisch model

De stijghoogten van de bovenste laag, de freatische laag, werden als vaste stijghoogten aangenomen. Hierbij veronderstellen we dat de watertafel over het ganse gebied ongeveer 1 m onder het maaiveld gelegen is. De veronderstelling kan naar voor gebracht worden voor zover de berekende verticale stroomsnelheid tussen laag 3 en laag 2 of tussen de freatische en de bovenste gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag kleiner is dan de nuttige neerslag of het overschot die berekend werd bij de waterbalans van de onverzadigde zone.

Voor beide gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen, werden dezelfde randvoorwaarden aangenomen :

- in het noorden : vaste-stijghoogtegrens, de stijghoogte in beide lagen werd gelijk genomen op 1 m T.A.W. Dit is gesteund op waargenomen stijghoogten te Maldegem en te Adegem
- in het westen valt de grens samen met de stroomlijnen voor zover deze uit de waargenomen stijghoogten kunnen afgeleid worden. Aangezien loodrecht op deze stroomlijnen geen stroming plaats vindt wordt deze vervangen door een ondoorlatende grens
- in het oosten werd eveneens een ondoorlatende grens aangenomen aangezien deze grens grotendeels samenvalt met de stroomrichting in de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen. Dit is vooral het geval voor het zuidelijk gedeelte van deze grens die de scheiding vormt tussen de heuvels van Knesselare-Ursel en de heuvels van Zomergem. Dit is waarschijnlijk minder het geval voor het noordelijk gedeelte van deze grens waar de stroming in de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen waarschijnlijk beïnvloed is door de overgang van het heuvelgebied Moerken-Onderdijke-De Kappel naar de Vlaamse Vallei waarin het Afleidingskanaal van de Leie gelegen is. Aangezien op deze grens noch gegevens wat betreft de stijghoogte noch wat betreft de stroomrichting voorhanden zijn, werd de eenvoudigste benadering aangenomen.
- in het zuiden valt de grens samen met de as van de Kanaal-depressie. Daardoor kon de grens eveneens als ondoorlatend beschouwd worden bij de berekening van de natuurlijke grondwaterstromingen.

### 7.5. Ingevoerde hydraulische parameters

Deze hydraulische parameters kunnen afgeleid worden uit granulometrie, pompproeven en stijghoogtewaarnemingen.

De transmissiviteit van laag 1, het P1d, werd afgeleid uit de pomproef. Ze bedraagt  $90 \text{ m}^2/\text{d}$  en werd konstant gehouden over het ganse gebied.

Uit de granulometrie van het P2 leiden we een geringe hydraulische doorlatendheid af. Een zeer geringe transmissiviteit van  $3 \text{ m}^2/\text{d}$  werd aangenomen. Deze waarde werd konstant gehouden over het ganse studiegebied. We verwaarlozen aldus de verandering in dikte van deze lagen.

De hydraulische weerstanden tussen laag 1 en laag 2 en tussen laag 2 en laag 3 kunnen in eerste benadering afgeleid worden uit de pompproef. Het is echter een gekend verschijnsel dat hydraulische weerstanden bepaald uit pompproeven, soms moeilijk kunnen gebruikt worden in een mathematisch model die de natuurlijke grondwaterstroming in een gebied behandelen. De hydraulische weerstanden die deze natuurlijke grondwaterstromingen in grote mate beïnvloeden zullen dan ook afgeleid worden door de vergelijking van de berekende en waargenomen stijghoogten in de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen. Hierbij werden zeven simulaties uitgevoerd.

### 7.6. De verschillende simulaties

De hydraulische weerstand tussen de freatische laag, laag 3, en de bovenste gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag, laag 2, is de som van de hydraulische weerstand van de bovenste zeer slecht-doorlatende tertiaire lagen van het Bartoon (Asb-a, a1, s1, a2, s2 en a3) en van de hydraulische weerstand van de kwartaire afzettingen. Met behulp van het gemiddeld peil van het maaiveld, het gemiddeld peil van de basis van het Kwartair en de wiskundige vergelijking van het scheidingsvlak tussen het Asb-a en het We, werd de dikte van het Kwartair en de dikte van de bovenste zeer slecht-doorlatende laag van het Bartoon, berekend.

Bij de eerste simulatie werd een hydraulische weerstand van 60 dagen per meter kwartaire afzetting toegekend en 600 dagen per meter afzetting van het Bartoon. . Op deze wijze verkregen we een hydraulische weerstand die in overeenstemming is met de resultaten van de pompproef. De hydraulische weerstand tussen laag 1 en laag 2 werd op 3750 dagen genomen. De met deze hydraulische weerstanden berekende stijghoogten in de twee gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen zijn sterk verschillend in hoogte en verloop. De stijghoogten van laag 2 zijn sterk beïnvloed door de topografie van het bestudeerde gebied. Dit is voor de stijghoogten in laag 1 veel minder duidelijk. De hoogste stijghoogte in laag 1 zou liggen onder het Drongengoed op ongeveer 19,4 m. De verticale Darciaanse stroomsnelheid zou er in de orde van 100 à 200 mm/jaar bedragen. Deze berekende stijghoogten in de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen zijn echter veel hoger dan de waargenomen stijghoogten. De ingevoerde hydraulische weerstand tussen de freatische en de bovenste gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag is duidelijk te klein.

Daarom werd een tweede simulatie uitgevoerd waarbij de hydraulische weerstand van de bovenste zeer slecht-doorlatende lagen van het Bartoon drastisch verhoogd werd tot 6000 dagen per meter. De hydraulische weerstand tussen laag 1 en laag 2 bleef op 3750 dagen. Als resultaat verkregen we stijghoogten in de gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag die meer in overeenstemming te brengen waren met de waargenomen stijghoogten. Vervolgens werden nog vijf simulaties uitgevoerd. De hydraulische weerstanden die bij deze verschillende simulaties werden ingevoerd zijn in tabel 7.1 opgenomen.

Bij de vergelijking van de waargenomen stijghoogten met de berekende bij de verschillende simulaties, blijken deze van de zesde simulatie het best overeen te stemmen met de waargenomen stijghoogten. Wegens het beperkt aantal waargenomen stijghoogten dienen de hydraulische weerstanden en het overeenkomstig grondwaterstromingspatroon als een eerste benadering te worden beschouwd. Sommige afwijkingen die zouden kunnen wijzen

op laterale veranderingen in de hydraulische weerstand van de Bartoonafzettingen kunnen alleen bevestigd worden door aanvullende stijghoogtegegevens.

Tabel 7.1 - Hydraulische weerstand ingevoerd bij de verschillende simulaties

Simulatie	Hydraulische weerstand tussen laag 1 en laag 2 C(1) in dagen	Hydraulische weerstand tussen laag 2 en laag 1 C(2)	
		per meter Kwartair in dagen	per meter Bartoon in dagen
1	3750	60	600
2	3750	60	6000
3	150	60	10000
4	150	60	2000
5	150	60	6000
6	750	60	6000
7	750	60	4000

De berekende stijghoogten bij de zesde simulatie van laag 1, de onderste gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag, wordt voorgesteld op plaat 30. De berekende stijghoogten in laag 2, de bovenste gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag, wordt voorgesteld op plaat 31. Hieruit blijkt dat geen groot stijghoogteverschil tussen beide lagen te verwachten is. Uit het stijghoogteverloop kunnen de verschillende grondwaterstromingsgebieden afgeleid worden. In het zuidelijk gedeelte van het studiegebied, stroomt het grootste gedeelte van het water naar de Kanaaldepressie. Ter hoogte van deze depressie is een vertikaal opwaartse stroming. De stijghoogten in de onderste gedeeltelijk afgesloten lagen verhoogt met de diepte. Alleen tegen de hogere valleiwanden aan waar tevens de klei ontbreekt is er een grote neerwaarts gerichte stroming. Het is dan ook hier dat de waterscheidingskam in de gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag zich bevindt. Een gedeelte van het ingesijpelde water stroomt in de richting van de Kanaaldepressie, een ander



gedeelte naar de dieper gelegen afgesloten watervoerende lagen in NNE-richting. Over het ganse modelgebied bestaat een neerwaartse stroming in de lagen van het Bartoon die echter zeer gering is. In de omgeving van het Drongengoed, het hoogste gelegen gebied, is deze neerwaartse stroming het grootst : de verticale Darciaanse stroomsnelheid varieert er tussen 25 en 35 mm/jaar. Eens dit water in de gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag gesijpeld is vloeit het verder naar de dieper gelegen afgesloten watervoerende laag in NNE-richting. Volgens de berekening zou slechts in een klein gebied, in de zuid-oost hoek van het modelgebied, het door de Bartoonse lagen ingesijpeld water naar de Kanaaldepressie stromen via de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen. Dit is waar de zeer slecht-doorlatende lagen van het Bartoon de valleiwand bijna volledig bedekken. Ter hoogte van de "Noord-grens" van het modelgebied is er een uitstroming van 2240 m<sup>3</sup>/dag in laag 1 en 78,3 m<sup>3</sup>/dag in laag 2.

#### 7.7. Simulatie van een waterwinningsgebied

Steunend op de verkregen kennis bij de simulatie van de natuurlijke grondwaterstroming in het modelgebied wordt de invloed berekend van een waterwinning op het stijghoogteverloop en op het stromingspatroon. Voor de simulatie van het waterwinningsgebied werd in dertig verschillende cellen water onttrokken met een debiet van 180 m<sup>3</sup>/d per cel. Dit komt neer op een waterwinning met een totaal debiet van 1.972.350 m<sup>3</sup>/jaar. Dit komt overeen met het debiet voorgesteld op één van de Stuurgroepvergaderingen. De ligging van de cellen waar water onttrokken wordt in de onderste gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag, laag 1, zijn weergegeven op plaat 32 samen met het netwerk van het mathematisch model. Hierbij wordt verondersteld dat het water uit elke cel in zijn geheel onttrokken wordt. Net zoals bij de simulatie van de natuurlijke grondwaterstroming worden de stijghoogten berekend nadat zich een evenwichtstoestand ingesteld heeft.

Voor de berekening van deze permanente grondwaterstroming werden dezelfde hydraulische parameters genomen als bij de zesde simulatie. Om de invloeden van de gekozen randvoorwaarden op de verlaging en op het stromingspatroon zoveel

mogelijk te beperken werden twee berekeningen uitgevoerd. In de eerste berekening werden dezelfde randvoorwaarden genomen als bij de simulaties van de natuurlijke grondwaterstromingen. Bij de tweede berekening werden de ondoorlatende grenzen gewijzigd tot vaste stijghoogtegrenzen. Dit is omdat de ondoorlatende grenzen aan de "West"- en "Oost"- zijde geen echte ondoorlatende grenzen zijn maar samenvallen met stroomlijnen van de natuurlijke stromingen terwijl de "Noord-grens" met de as van de Kanaaldepressie samenvalt. Door de berekening tweemaal uit te voeren, éénmaal voor ondoorlatende grenzen en éénmaal voor vaste stijghoogtegrenzen en door het nemen van de gemiddelde stijghoogte van de twee berekeningen reduceren we zoveel mogelijk de invloed van deze twee grenzen.

Op plaat 33 worden de stijghoogten van laag 1 uitgezet en op plaat 34 worden de stijghoogten in laag 2 uitgezet indien de onderste gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag aangepompt wordt. Uit deze stijghoogtekaart kan dan ook het nieuwe grondwaterstromingspatroon afgeleid worden. In het zuidelijk gedeelte van het studiegebied blijft een zone bestaan waar het water stroomt in de richting van de Kanaaldepressie. Ter hoogte van deze depressie blijft de opwaartse stroming bestaan alhoewel deze vermindert. Dit is uiteraard veel meer het geval in de zuid-oost hoek van het modelgebied, dichtter tegen de pumping, dan in de zuid-west hoek. De waterscheidingskam tussen de zone waar het water naar de Kanaaldepressie stroomt en de zone waar het water noordwaarts stroomt verplaatst zich naar het zuiden. Deze verplaatsing van de waterscheidingskam gebeurt over een grote afstand waar de oorspronkelijke waterscheidingskam voorkomt onder de slecht-doorlatende lagen van het Bartoon. De waterscheidingskam verplaatst zich tot juist in het gebied waar het Bartoon ontbreekt. Waar de waterscheidingskam bij natuurlijke grondwaterstromingen voorkomt in het gebied waar de slecht-doorlatende lagen van het Bartoon ontbreken verplaatst de kam zich slechts over een beperkte afstand in zuidelijke richting.

Op plaat 35 en plaat 36 wordt eveneens de zone voorgesteld waar het water in de richting van de waterwinning stroomt. Deze zone is nagenoeg gelijk voor de beide gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen. In deze zone komt overal de slecht-doorlatende laag van het Bartoon voor, met één uitzondering voor een smalle band aan de zuidgrens.

Door de pumping zal de verticale stroming door deze slecht-doorlatende lagen sterk verhogen. Deze verhoging is afhankelijk van de afstand tot het waterwinningsgebied. In het waterwinningsgebied zal de verticale stroming verhogen van ca. 35 mm/jaar naar ca. 90 mm/jaar. Dit zal voor gevolg hebben dat een groter gedeelte van de nuttige neerslag of het overschot in de slecht-doorlatende lagen van het Bartoon zal dringen dan tot nu toe het geval was. Dit zal resulteren in een verminderde oppervlakkige afvloeï in het gebied. Bij deze berekening wordt echter verondersteld dat de hydraulische parameters niet beïnvloed worden door de stijghoogten. Het is echter een gekend verschijnsel dat door de verlaging van de stijghoogte in de slecht-doorlatende lagen, deze lagen kunnen kompakteren waardoor de hydraulische doorlatendheid eveneens vermindert. Daar dit minder waarschijnlijk is in de goed gekompakteerde tertiaire afzettingen werd er geen rekening mee gehouden.

Door de waterwinning van 5400 m<sup>3</sup>/d zal de stroming doorheen de grenzen van het modelgebied zich wijzigen. De totale neerwaartse stroming van de freatisch watervoerende laag, laag 3, naar de bovenste gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag in het ganse modelgebied verhoogt van 2320 m<sup>3</sup>/d bij natuurlijke grondwaterstroming naar 6190 m<sup>3</sup>/d bij waterwinning. Bij de natuurlijke grondwaterstroming vloeit geen water doorheen de "West-" en "Oost-grens" van het modelgebied, aangezien verondersteld werd dat deze grenzen samenvallen met de stroomlijnen. Bij waterwinning zal een sub-horizontale instroming geschieden van 139 m<sup>3</sup>/d in laag 1 en 5,2 m<sup>3</sup>/d in laag 2 doorheen de "West-grens", en een sub-horizontale instroming geschieden van 865 m<sup>3</sup>/d in laag 1 en 28,3 m<sup>3</sup>/d in laag 2 doorheen de "Oost-grens". Doorheen de "Noord-grens" zal

de sub-horizontale uitstroming verminderen van 2240 m<sup>3</sup>/d tot 1780 m<sup>3</sup>/d voor laag 1 en van 78,3 m<sup>3</sup>/d tot 62,9 m<sup>3</sup>/d voor laag 2. Bij de natuurlijke grondwaterstroming werd verondersteld dat geen water stroomde door de "Zuid-grens". Bij een waterwinning zal er echter een sub-horizontale instroming van 17,2 m<sup>3</sup>/d geschieden in laag 1 en 0,2 m<sup>3</sup>/d in laag 2. Hieruit kan besloten worden dat het grootste gedeelte van het gewonnen water resulteert uit een vermeerdering van de neerwaartse stroming van de freatische laag naar de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen of uit een vermindering van de opwaartse stroming van de gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag naar de freatische laag.

De verlagingen tengevolge van de waterwinning worden voorgesteld op plaat 35 (laag 1) en op plaat 36 (laag 2). Aangezien verondersteld wordt dat het water onttrokken wordt uit de cellen in hun geheel, zijn de berekende verlagingen (op plaat 35 en 36) lager dan deze die zouden voorkomen in de pompputten met een diameter van ca. 0,20 m. De verlagingen in de twee gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen vertonen onderling slechts een klein verschil. De verlaging in de aangepompte laag, laag 1, is iets groter dan de verlaging in bovenliggende laag, laag 2. De verlagingen veranderen sterk tussen de waterwinning en het gebied waar de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen in nauw contact staan met de freatische watervoerende laag in het zuiden. In dit laatstgenoemde gebied verkrijgen we een verlagen van maximum 1 meter in de gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag. De verlaging van de watertafel in dat gebied zal steeds geringer zijn dan deze in de gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag. Om hier echter de juiste verlaging van de watertafel te berekenen moet de kennis van de hydraulische parameter van de afzettingen in dat gebied verhoogd worden en zou er een meer gedetailleerde modellering van de grondwaterstroming nodig zijn.

De verandering van de verlagingen in NNE-richting, waar de slecht-doorlatende lagen van het Bartoon voorkomen, is veel geringer dan langs de andere zijde van de waterwinning. De verlagingen tengevolge van de waterwinning laten er zich dan ook veel verder gevoelen in de gedeeltelijk afgesloten

watervoerende laag. Aangezien deze verlaging enkel een verhoging van de vertikale stroming in de zeer slecht-doorlatende lagen van het Bartoon veroorzaakt die kan aangevuld worden door de nuttige neerslag, kan verwacht worden dat de watertafel in deze gebieden niet zal beïnvloed worden.

Tenslotte kunnen we stellen dat bij het starten van de waterwinning de verlaging vlug waarden zal vertonen die deze van de permanente grondwaterstromingen benaderen. Dit is omwille van de grote hydraulische weerstand van de slecht-doorlatende lagen van het Bartoon en de geringe elastische bergingskoëfficiënt van de aangepompte lagen. Eens de verlagingskegel zich uitbreidt tot in het gebied waar de slecht-doorlatende lagen van het Bartoon ontbreken zal de verlaging veel trager toenemen over het ~~ganse~~ grondgebied. Bij een wijzigend debiet van de waterwinning zal er dan ook een vlugge verandering van de stijghoogten of verlagingen plaats vinden binnen het gebied waar de slecht-doorlatende lagen aanwezig zijn.

## 8. SAMENVATTING EN BESLUITEN

De studie had tot doel de hydrogeologie van de grondwaterlaag in het Ledo-Paniseliaan te bestuderen en na te gaan in welke mate deze laag voor winning in aanmerking komt.

Het studiegebied beslaat 1736 ha (HOOFDSTUK 1, PL. 1).

Alle beschikbare informatie is verzameld en verwerkt tot een aantal platen waarop puntwaarnemingen, grondwaterwinningen, bodemgebruik met inbegrip van de ligging van de stortplaatsen, topografie en hydrografie zijn weergegeven (HOOFDSTUK 2; PL. 2 tot 6). Aan de hand van de meteorologische gegevens is de waterbalans van de onverzadigde zone opgesteld.

*De gemiddelde neerslag in de periode 1969-1983 bedraagt 750 mm per jaar, het gemiddeld overschot of de nuttige neerslag 253 mm per jaar en de gemiddelde voedingskoëfficiënt 33 % per jaar.*

Het veldwerk omvatte 17 ondiepe gespoelde of gepulste boringen tot juist onder de Bartoonklei en 4 diepe gespoelde of gestoken boringen waarvan een het Ieperiaan bereikte. In de meeste boorgaten zijn geofysische boorgatmetingen verricht. In alle boorgaten zijn één of meerdere peilbuizen geplaatst. Vanaf juni 1983 tot augustus 1984 zijn maandelijks de stijghoogten opgenomen. In het Ledo-Paniseliaan werd een pompproef van 7 dagen ononderbroken pompen uitgevoerd; 40 grondwatermonsters en 56 grondmonsters werden geanalyseerd (HOOFDSTUK 3; PL. 7).

Van alle lagen boven de klei van het Ieperiaan (Yc) zijn isohypsen- of isopachenkaarten opgesteld (PL. 8 tot 19). De resultaten werden ook syntetisch voorgesteld onder de vorm van litologische en hydrolitologische profielen (PL. 20 en 21), een geologische kaart (PL. 22) en een kaart van de hydrogeologische zones (PL. 23) (HOOFDSTUK 4).

*Naargelang van de plaats treft men boven de zeer slecht-doorlatende tot nagenoeg ondoorlatende Ieperiaanklei meerdere watervoerende en slecht-doorlatende lagen aan. Van boven naar onder kunnen die zijn : het Kwartair, zeer heterogeen*

van samenstelling (slecht-doorlatend tot watervoerend), het Bartoon bestaande uit een afwisseling van dikke kleilagen (a3, a2, a1, Asb-a) en dunnere kleihoudende zandlagen (s2, s1) (zeer slecht-doorlatend), het Wemmeliaan en Paniseliaan P2, opgebouwd uit kleihoudende zandlagen (watervoerend), het Paniseliaan P1d (watervoerend), het Paniseliaan P1c, bestaande uit zandhoudende klei (zeer slecht-doorlatend), de Paniseliaan-klei P1m (zeer slecht-doorlatend tot nagenoeg ondoorlatend) en het Ieperiaanzand Yd (watervoerend).

De top van de P1m vormt de eigenlijke basis van het grondwaterreservoir. Daar echter het P1c ook zeer slecht-doorlatend is, kan bij benadering de top van het P1c als basis voor dit grondwaterreservoir worden aangenomen. Het P1d is het meest doorlatend. Het vormt de onderste gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag van het grondwaterreservoir in het Ledo-Paniseliaan. Het P2 en We samen vormen de bovenste gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag. De watervoerende laag van het Kwartair, boven het Bartoon, is freatisch.

Op grond van maandelijkse metingen zijn tijd-stijghoogtelijnen van alle watervoerende lagen en 2 hydro-isohypsenkaarten van het P1d (PL. 24 en 25) opgesteld (HOOFDSTUK 5).

De stijghoogten op eenzelfde plaats en tijdstip nemen af met de diepte. Dit wijst op een neerwaarts gerichte grondwaterstroming. Het verschil tussen de stijghoogten op eenzelfde tijdstip in het We en het P2 enerzijds en het P1d anderzijds varieert van minder dan 0,1 m tot 0,7 m. De stijghoogten in het P1d variëren minder in de tijd naarmate er meer Bartoonklei op voorkomt.

De grondwaterscheiding in het Ledo-Paniseliaan loopt van west naar oost meestal even ten noorden van de zuidgrens van het Bartoon. Ten noorden ervan stroomt het grondwater in noordelijke richting, ten zuiden ervan naar het kanaal Gent-Brugge.

De kwaliteit van het grondwater werd bepaald op 40 monsters (HOOFDSTUK 6, PL. 26 tot 29).

*Het grondwater in het Ledo-Paniseliaan is over het algemeen matig zoet van het calciumkarbonaattype. Het is tamelijk hard en vrij goed gebufferd. Het wordt gekenmerkt door hoge sulfaat-, ijzer- en mangaankoncentraties. Nitraat en nitriet zijn vrijwel afwezig, maar ammonium is relatief belangrijk.*

*Gemiddeld bevat het water ijzer-, mangaan- en ammoniumgehalten die hoger zijn dan toegelaten door de richtlijnen van het Koninklijk Besluit van 27 april 1984 betreffende de kwaliteit van het leidingwater.*

*Waar de watervoerende lagen van het Ledo-Paniseliaan niet door een kleilaag zijn bedekt, kan de waterkwaliteit door menselijke activiteiten worden beïnvloed. Dit uit zich vooral in een toename van de chloride- en sulfaatkonzentraties.*

Met het oog op het uitwerken van een mathematisch model (HOOFDTUK 7) werd het grondwaterreservoir vereenvoudigd tot een opeenvolging van watervoerende lagen en slecht-doorlatende lagen. Het P1m en het P1c werden als ondoorlatend beschouwd. Voor de onderste gedeeltelijk afgelosten watervoerende laag, het P1d, werd een konstante waarde van  $90 \text{ m}^2/\text{d}$  voor de  $k_D$  aangenomen, voor de bovenste, het P2d+We, een waarde van  $3 \text{ m}^2/\text{d}$ . De stroming in de freatisch watervoerende laag werd niet berekend. De watertafel werd beschouwd als een vaste stijghoogtegrens. Zeven simulaties werden uitgevoerd waarbij de hydraulische weerstanden van de slecht-doorlatende lagen telkens werden gewijzigd, na vergelijking van de berekende stijghoogten met de waargenomen stijghoogten. De simulatie van de stijghoogten in het P1d en in het P2+We, die het best de waargenomen toestand benaderde, is weergegeven op de platen 30 en 31.

*De hydraulische weerstand van het Bartoon is van de orde van 6000 dagen per meter afzetting. Dit stemt overeen met een verticale hydraulische doorlatendheid van  $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m/d}$  of  $1,9 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$ . De hydraulische weerstand tussen het P1d en het P2+We bedraagt ongeveer 750 d. Over het ganse modelgebied bestaat een neerwaartse stroming door de zeer slecht-doorlatende lagen van het Bartoon. Deze stroming is zeer gering. Ze is het grootst onder het hoogst gelegen gebied. De verticale Darciaanse stroomsnelheid varieert er tussen 25 en 35 mm/jaar. Eens het*



*water de gedeetelijk afgesloten watervoerende lagen bereikt, vloeit het in NNE richting. Slechts in een klein gebied stroomt het doorgesijpelde water in zuidelijke richting, nl. in de zuidoosthoek van het modelgebied waar het Bartoon de valleiwand bijna volledig bedekt.*

Met het zelfde model werd de invloed van een waterwinning van ca. 2 miljoen m<sup>3</sup>/jaar in het P1d gesimuleerd (PL.32). De stijghoogten en de verlagingen in het P1d en het P2+We werden berekend in een evenwichtstoestand (PL. 33 tot 36). Uit de stijghoogten werd de zone afgebakend waarbinnen de grondwaterstroming naar de waterwinning geschied. De wijziging in de balans van de grondwaterstromingen werd opgesteld.

*De west-oost gerichte waterscheiding verplaatst zich een weinig zuidwaarts waar het Bartoon ontbreekt. Waar de waterscheiding onder het Bartoon voorkomt, verplaatst hij zich sterker.*

*Waar het Bartoon ontbreekt bereikt de verlaging in het P1d en P2+We ten hoogste 1 m. De verlaging van de watertafel in dat gebied is steeds geringer dan de verlaging in het P2+We. Waar het Bartoon voorkomt, zijn de verlagingen in het P1d en het P2+We groter. Deze verlaging heeft tot gevolg dat de neerwaartse verticale stroming in de zeer slecht-doorlatende lagen van het Bartoon toeneemt. Deze grotere verticale stroming wordt geleverd door de nuttige neerslag. Dit zal de stand van de watertafel niet beïnvloeden; alleen de laterale afvloeï naar de beken zal enigzins afnemen.*

# REFERENTIES

- ANONIEM (s.d.). Het Drongengoed. 5 p. Ursel : VVV-Drongengoed.
- BAARS, J.K. (1960). Kwaliteitsveranderingen van het water tijdens zijn verblijf in de bodem. Twaalfde vakantie-cursus in drinkwatervoorziening : Het grondwater. p. 68-86. Den Haag: Moormans Periodieke Pers.
- BOLLE, I. (1983). Hydrogeologie van de binnenduinen van Adinkerke en aangrenzende gebieden. 112 p. Gent : Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (licentiaatsverhandeling).
- CHO-TNO (1982). Verklarende hydrologische woordenlijst. 33 p., 2 bijl. Den Haag : Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO (Rapporten en nota's no. 8a).
- CNUUDE, J.P. (1976). Resistiviteitssonderingen op grote diepte en hun toepassing bij de studie van de geologie van Vlaanderen. 300 p. Gent : Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (Doktoraatsverhandeling).
- DE BREUCK, W. & LEBBE, L. (1979). Hydrogeologische studie van het Blak in de streek van Beerse-Rijkevorsel-Merksplas. 64 p., 7 aanh. Gent : Rijksuniversiteit - Geologische Instituut (Rapport TGO 79-1).
- DE BREUCK, W., VAN DYCK, E. & LEBBE, L. (1981). Hydrogeologische, bodemkundige en ekologische studie van de "Kalmthoutse Heide" en de omliggende landbouwgronden. Hydrogeologische studie. 94 p., 57 fig., 25 tab., 6 aanh. Gent : Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (rapport TGO).
- DE MOOR, G. & DE BREUCK, W. (1969). De freatische waters in het Oostelijk Kustgebied en in de Vlaamse Vallei. Natuurwet. Tijdschr. 51, 3-68.
- DE MOOR, G. & HEYSE, I. (1978). De morfologische evolutie van de Vlaamse Vallei. De Aardrijkskunde 4, 343-375.
- DEPRET, M. (1981). Litostratigrafie van het Kwartair en van het tertiaire substraat te Zeebrugge. Litologische en stratigrafische interpretatie van diepsonderingen met de konus van Begemann. 186 p., 45 tab., 91 fig., 6 kaarten, 1 bijl. Gent : Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (Doktoraatsverhandeling).

- DE SMET, G. (1952). De ontginning van eigen heidegronden door de abdij van Drongen in haar "Drongengoed" te Ursel in de eerste helft der achttiende eeuw. In : Appeltjes van het Meetjesland - Jaarboek van het heemkundig genootschap van het Meetjesland, nr. 3-1951, 93-100.
- DE VRIENDT, H. (1979). De kwaliteit van het drinkwater afkomstig van privé-putten in de provincie Antwerpen. Laboratorium 18 - 1979 - 2, 201-235. Antwerpen : Prov. Inst. voor Hygiëne.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. (1957). Brazos River Bar : A study in the significance of grain-size parameters. J. Sed. Petrol. 27, 3-26.
- FOURMARIER, P. (ed.) (1954). Prodrome d'une description géologique de la Belgique. 826 p., 2 bijl. Luik : Société Géologique de Belgique.
- FRANÇOIS, J. (1984). Geo-elektrische sonderingen en boorgat-metingen bij de geologische studie van het heuvelgebied te Maldegem-Ursel. 53 p., 60 fig., 2 append. Gent : Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (Licentiaatsverhandeling).
- GEETS, S. (1969). Bijdrage tot de sedimentologische kennis van het Paniseliaan. 216 p., 5 add., 12 kaarten. Gent : Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (Doktoraatsverhandeling).
- HALET, F. (1912). Puits tubé, creusé au couvent de Notre-Dames-aux-Epines à Eecloo, en mai 1909. Bull. Soc. belge Géol. 26, 63-69.
- HEMSCHOOTE, J. (1966). Het heuvelgebied Oedelem-Zomergem. 90 p. Leuven : Katholieke Universiteit (Licentiaatsverhandeling).
- HOOGHART, J.C. (1980). Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels. 170 p. Den Haag : Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO (Rapporten en nota's no. 5).
- JACOBS, P. (1975). Bijdrage tot de litostratigrafie van het Boven-Eoceen en het Onder-Eoceen in Noordwest België. 182 p., 120 fig., 5 tab. Gent : Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (Doktoraatsverhandeling).

- JACOBS, P. (1978). Litostratigrafie van het Boven-Eoceen en van het Onder-Oligoceen in Noordwest België. 92 p. Brussel : Aardkundige Dienst van België. (Prof. Paper nr. 151, 1978/3).
- KAASSCHIETER, J.P.H. (1961). Foraminifera of the Eocene of Belgium. Mém. Inst. Roy.Sci. Nat. Belg. 147, 271 p.
- K.B. (N.84-1277). 27 april 1984 - Koninklijk besluit betreffende de kwaliteit van het leidingswater. Belg. Staatsbl. van 6 juli 1984, 9860-9876.
- KRUSEMAN, J.P. & DE RIDDER, N.A. (1976). Analysis and evaluation of pumping test data. 200 p. Wageningen : International Institute for Land Reclamation and Improvement (Bulletin no. 11).
- KUNZ, K.S. & MORAN, J.H. (1958). Some effects of formation anisotropy on resistivity measurements in boreholes. Geophysics 23, 770-794.
- LEBBE, L. (1983). Een mathematisch model van de niet-permanente grondwaterstroming naar een pompput in een veellagig grondwaterreservoir en enkele beschouwingen over de stroomtijd. Tijdschr. BECEWA 70, 33-48.
- LEGRAND, R. (1968). Le Massif du Brabant. Toel. Verh. Geol. Krt. Mijnkrt. Belg. no. 9, 148 p., 5 pl. buiten tekst.
- LERICHE, M. (1929). Sur la géologie du Meetjesland (Pays d'Eecloo). Bull. Soc. belge Géol. 39, 159-163.
- MEINARDI, C.R. (1976). Characteristic examples of the natural groundwater composition in the Netherlands. Groundwater Pollution, 12-33. Den Haag : Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO (Verslagen en mededelingen no. 21).
- RUTOT, M.A. (1895). Knesselaere-Somergem, Planchette no. 39, 1/40.000. Bruxelles : Commission Géologique de Belgique (Geologische kaart).
- SYS, C. & VANDENHOUDT, H. (1972). Bodemkaart van België. Knesselare 39W. 90 p., 1 kaart 1/20.000. Gent : Centrum voor Bodemkartering (Prof. Dr. R. TAVERNIER).

- THORNTWAITE, C.W. & MATHER, J.P. (1957). Instructions and tables for computing evapotranspiration and the water balance. Public. in Climatology 10, 311 p.
- VAN DUYVENBOODEN, W. (1980). Winplaats en onderzoek Achterhoek. Schriftelijke bijdrage voor de workshop : Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels, 100-106. Den Haag : Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO (Rapporten en nota's no. 5).
- VAN VAERENBERGH-REDANT, N. (1979). Scheikundige samenstelling van grondwater in functie van zijn geologische oorsprong. Hydrographica VI-1, 13-55.